





I. S. S. "Serafino Riva" – Sarnico (BG)

*Esercitazioni Pratiche  
di Tecnologia Meccanica*

**“LAVORAZIONE DEI FORI.  
TRAPANI”**



## Lavorazione dei fori. Trapani

Le macchine per forare sono chiamate trapanomotrici o trapani. I trapani possiedono gli organi per coordinare i moti principali di taglio e di alimentazione dell'utensile.

I trapani si distinguono in portatili e fissi.

I moti relativi tra utensile e pezzo sono:

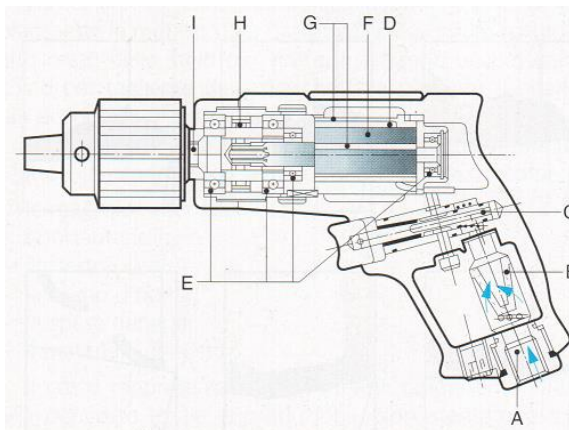
- Moto di taglio, rotatorio e posseduto dall'utensile;
- Moto di alimentazione, rettilineo e posseduto dall'utensile.

Il moto di lavoro è elicoidale, in quanto composto dal moto di taglio e dal quello di alimentazione.

## Trapani portatili



**Trapano elettrico**



**Trapano ad aria compressa portatile**

## Trapano pneumatico





## Trapano sensitivo

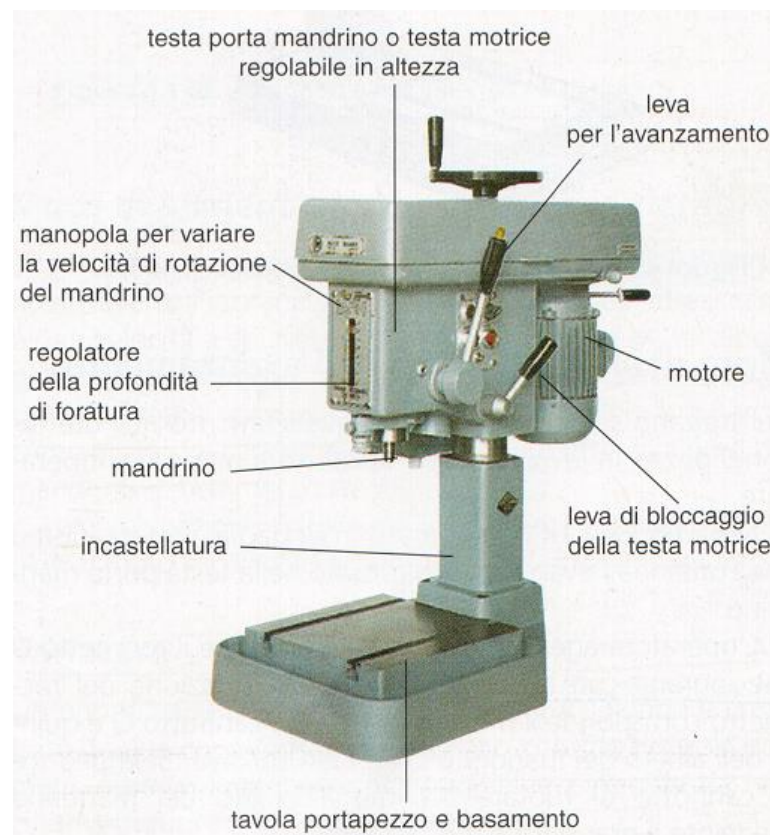
Il trapano **sensitivo** è il tipo più semplice di macchina utensile per la lavorazione dei fori.

Con questo trapano si realizzano fori di diametro relativamente piccolo, al più 15 mm.

Il moto di avanzamento dell'utensile nel pezzo è regolato a mano dall'operatore, mediante una leva, da cui il nome di **sensitivo** dato a questo trapano; l'operatore, infatti, regola la pressione del braccio sulla leva sentendo la resistenza offerta dal materiale alla penetrazione dell'utensile.

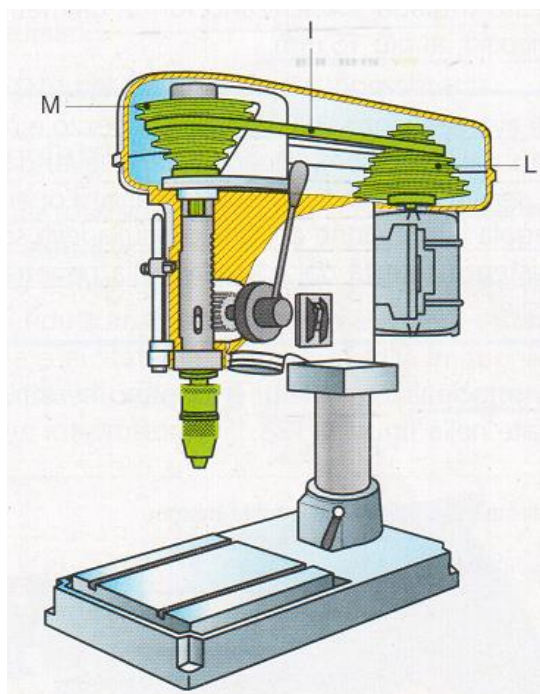
## Trapano sensitivo

Le parti principali costituenti il trapano sensitivo sono rappresentate nella figura.

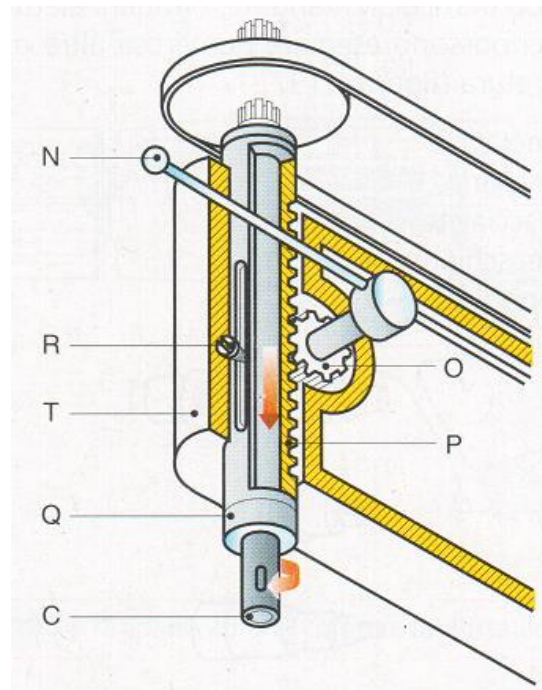


## Trapano sensitivo

### Moto di taglio nel trapano sensitivo



### Moto di alimentazione o di avanzamento nel trapano sensitivo





## Trapano a colonna

I trapani a **colonna**, così chiamati per la forma della loro incastellatura, sono trapani di grandezza variabile e con molteplici capacità di lavoro.

Con il trapano a colonna è possibile eseguire fori di diametro fino a 80 millimetri.

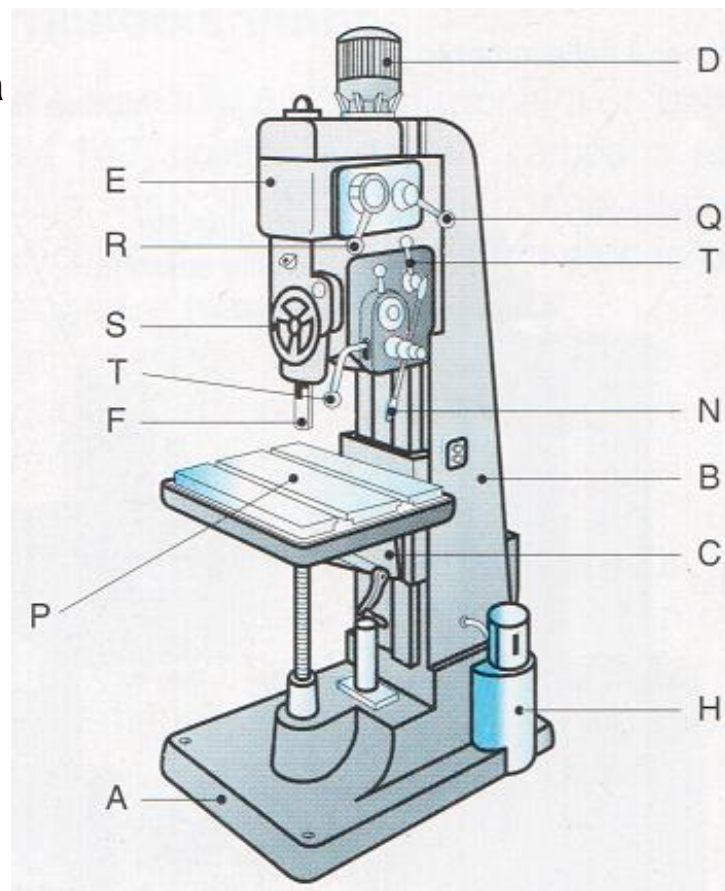
In questi trapani è previsto non solo l'avanzamento sensitivo, ma anche quello automatico. A differenza dei trapani sensitivi queste macchine permettono di spostare verticalmente la tavola portapezzo per il posizionamento in altezza del pezzo da forare.



## Trapano a colonna

Le parti principali costituenti un trapano a colonna sono:

- A** basamento;
- B** incastellatura;
- C** mensola con tavola scorrevole lungo il tratto inferiore della incastellatura;
- D** motore;
- E** testa motrice che racchiude gli ingranaggi di trasmissione;
- F** mandrino;
- H** pompa per la refrigerazione;
- N** leva di comando per l'avanzamento sensitivo;
- Q – R** leve del cambio di velocità;
- S** comando dell'avanzamento non automatico;
- T** leva degli avanzamenti.



## Testa motrice

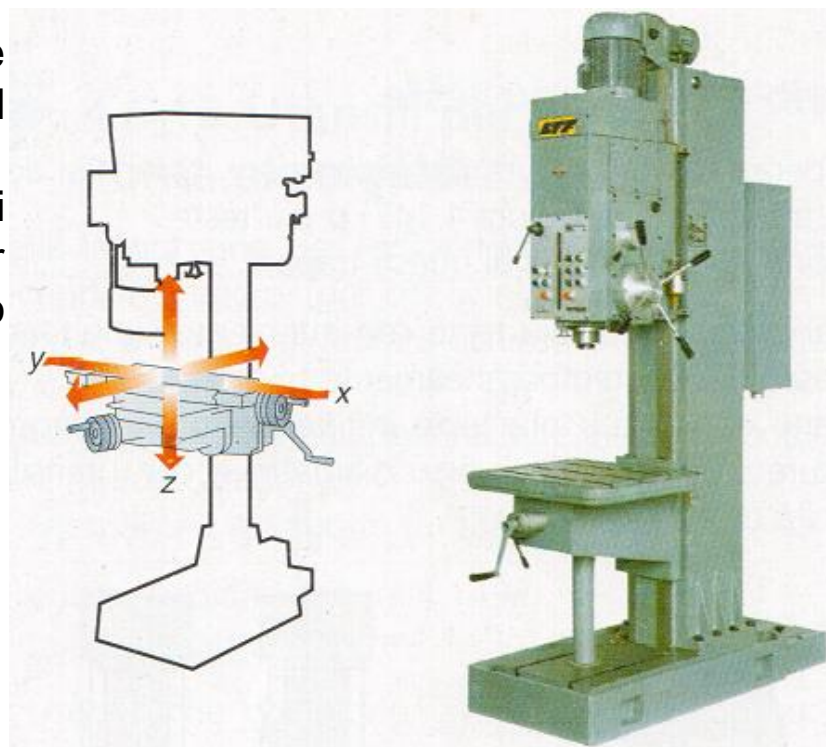
Nella testa motrice trovano posto i rotismi tramite i quali viene variata la velocità di rotazione del mandrino (cambio a ingranaggi).

In alternativa il trapano può essere dotato di meccanismo variatore, in modo da poter regolare la velocità del mandrino in modo continuo tra un valore min e max.

## Tavola portapezzo o mensola

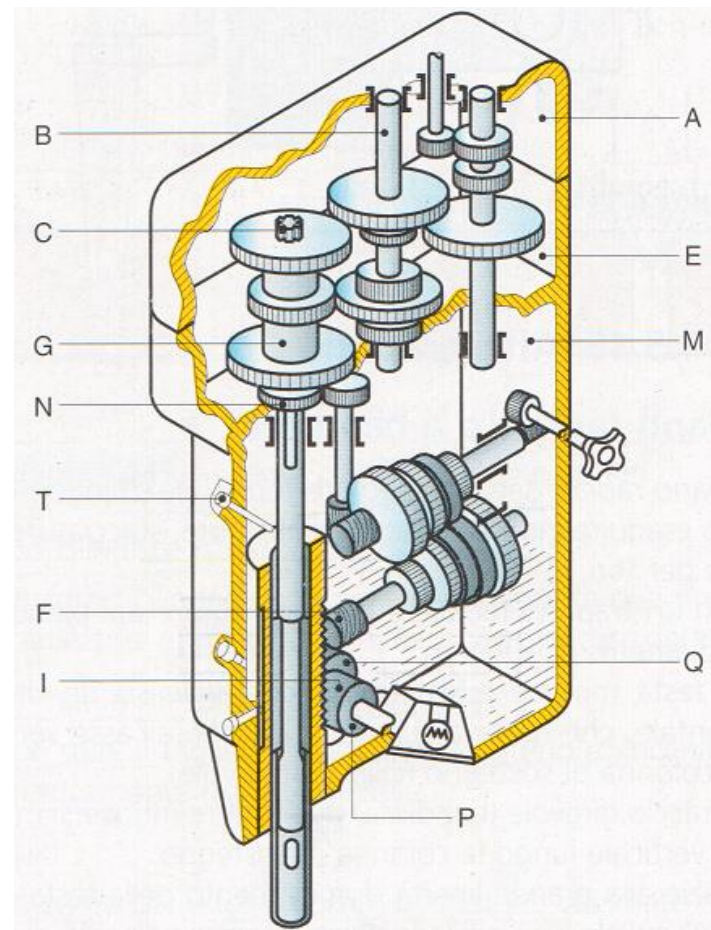
Nel trapano rappresentato in figura la tavola portapezzo dispone di tre possibilità di movimento nelle direzioni X, Y, Z azionabili per mezzo di volantini.

Il movimento verticale Z è realizzato per mezzo di cremagliera.



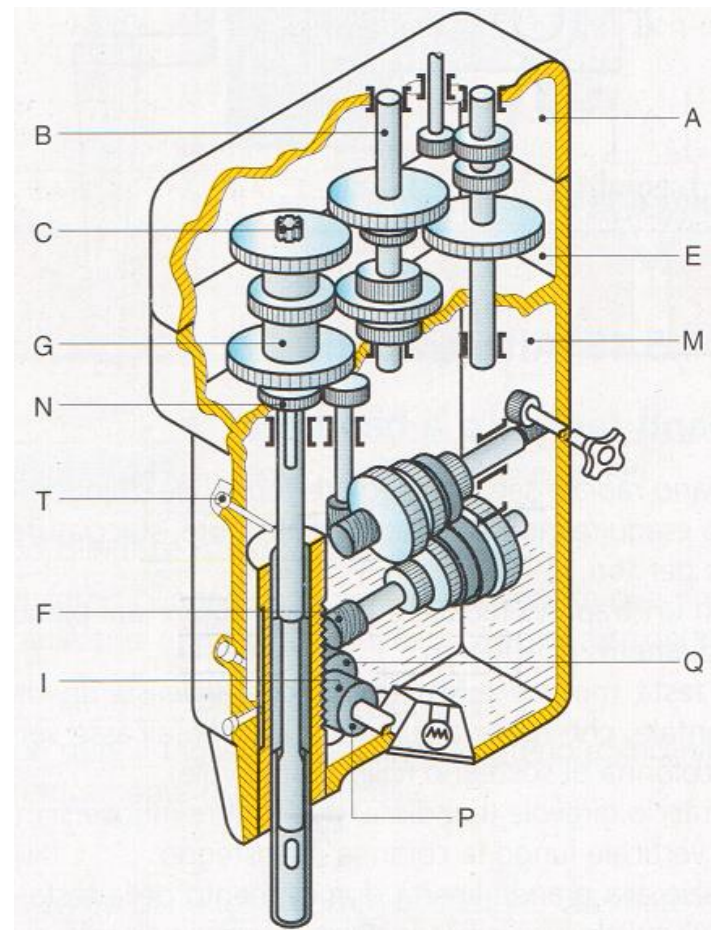
## Moto di lavoro nel trapano a colonna

Il motore trasmette il suo moto al mandrino mediante un sistema di ruotismi che costituisce il cambio di velocità. La variazione di velocità di rotazione si ottiene mutando l'accoppiamento tra le ruote del cambio costituenti i ruotismi interni alla testa E.



## Moto di alimentazione o di avanzamento

Il moto di avanzamento automatico è derivato dal mandrino attraverso l'ingranaggio N e trasmesso, mediante il cambio di velocità a chiavetta mobile della scatola M, all'albero della vite senza fine F che si accoppia alla ruota elicoidale Q. Quest'ultima è coassiale al rocchetto P che ingrana con la cremagliera del canotto I, la quale trasmette all'albero del mandrino il movimento di avanzamento. La combinazione dei due moti, rettilineo e rotatorio, dà origine al moto elicoidale necessario per l'esecuzione del foro.

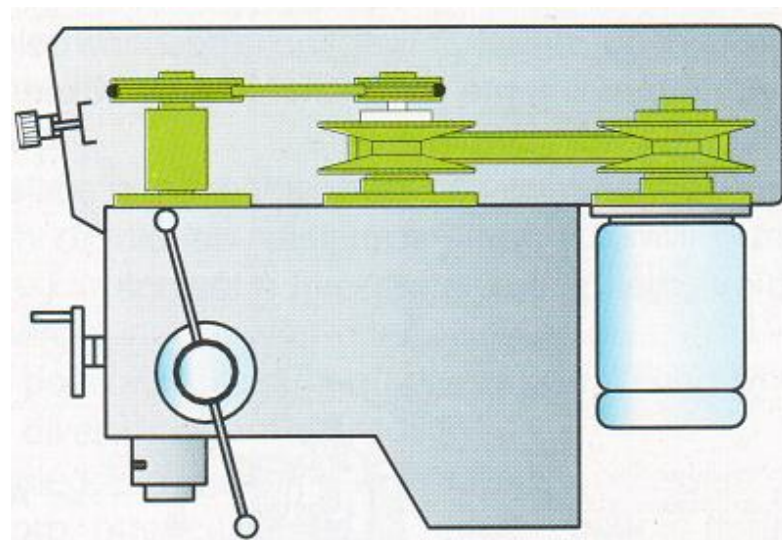


## Variatore

Un tipo di variatore utilizzato sui trapani a colonna è costituito da due coppie di pulegge tronco-coniche divise in due metà, scorrevoli su due alberi paralleli e collegate da una cinghia.

Quando una coppia di semipulegge si avvicina l'altra si allontana, in modo da mantenere invariato l'interasse tra i due alberi e in modo da variare il rapporto di trasmissione in modo continuo, in quanto la cinghia si avvolge su raggi variabili.

Il moto viene poi portato all'albero del mandrino per mezzo di una cinghia dentata.



## Altri trapani

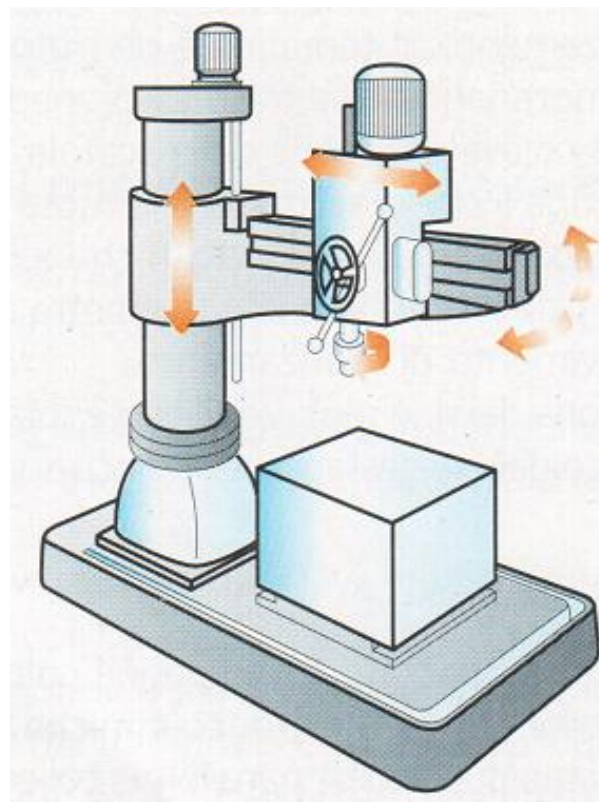
### Trapano radiale o a bandiera

Il trapano radiale serve a eseguire fori su pezzi ingombranti.

Può eseguire inoltre fresature, filettature, sfacciate, fresature per fori.

Con un trapano radiale è possibile forare dal pieno fino a un diametro di 100 millimetri.

La testa motrice è sistemata scorrevole su un braccio orizzontale, che ruota a sua volta attorno all'asse verticale della colonna di sostegno (cilindro girevole). Il braccio girevole (bandiera) può inoltre muoversi in direzione verticale lungo la colonna di sostegno. Grazie alla grande libertà di movimento della testa di un trapano radiale è possibile lavorare su pezzi non solo di grandi dimensioni, ma anche di forma particolare e ingombrante.



## Altri trapani

### Trapano radiale o a bandiera

Le parti principali costituenti il trapano radiale sono indicate nella figura.



## Altri trapani

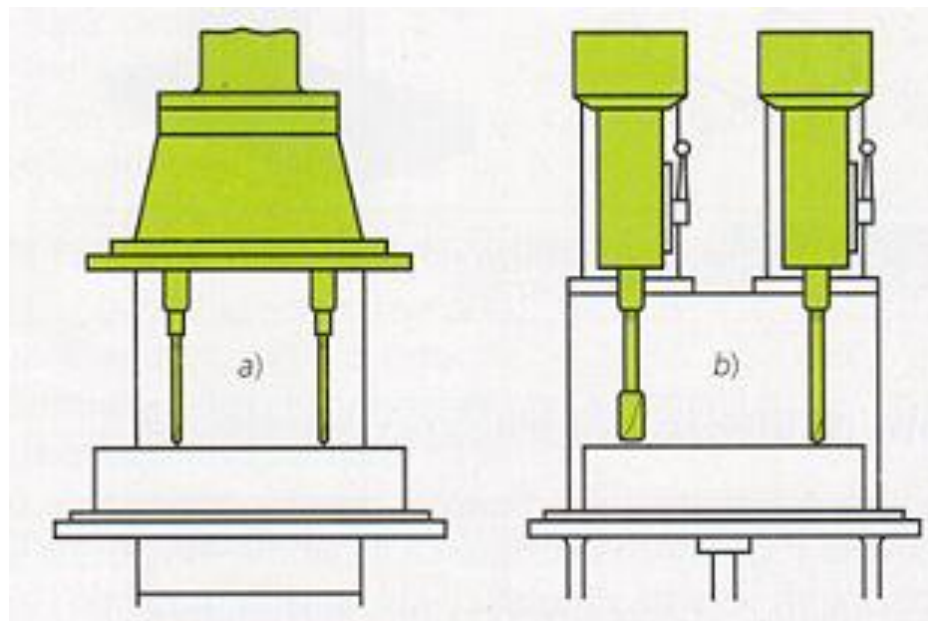
### Trapano a due o più teste

Nelle operazioni di foratura per lavorazioni in serie si adoperano trapani a due o più teste.

Esistono due categorie di questi trapani:

**A** trapano con due o più teste con intervento simultaneo, per eseguire contemporaneamente più fori;

**B** trapano con due o più teste indipendenti per eseguire forature successivamente di diverso diametro e con utensili e velocità diverse.



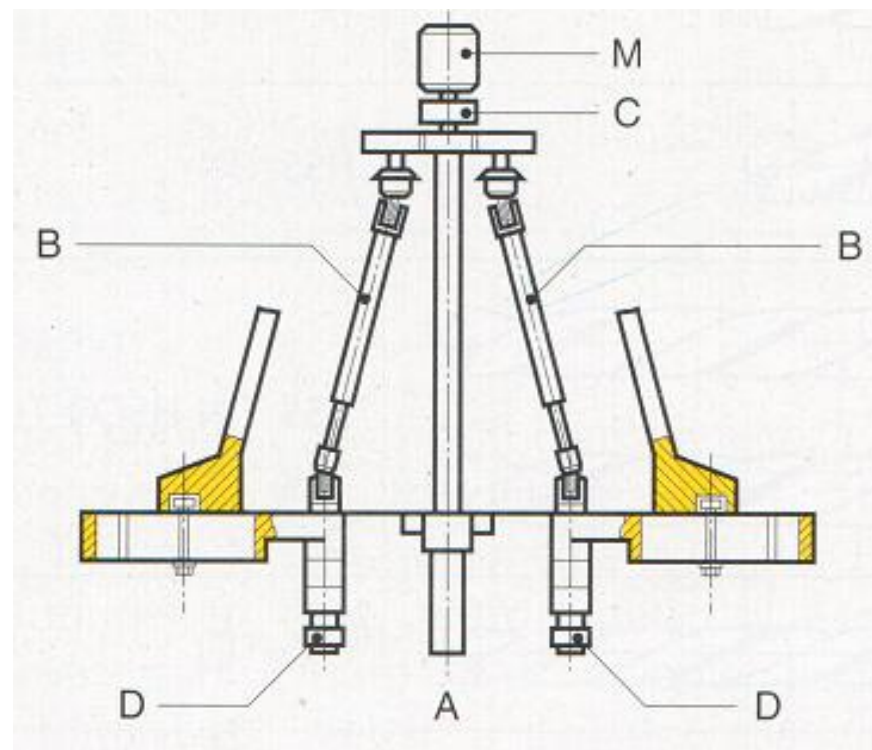


## Altri trapani

### Trapano multimandrino

Il trapano multimandrino dispone di un'unità di foratura entro la quale sono alloggiati il mandrino centrale A e i mandrini articolati B, che tramite giunti cardanici trasmettono la rotazione ai mandrini operatori D.

La macchina è costituita da un basamento in ghisa, con un montante entro il quale è alloggiato il contrappeso di bilanciamento. Nella parte anteriore sono situate le guide di scorrimento della testa.



## Utensili per forare

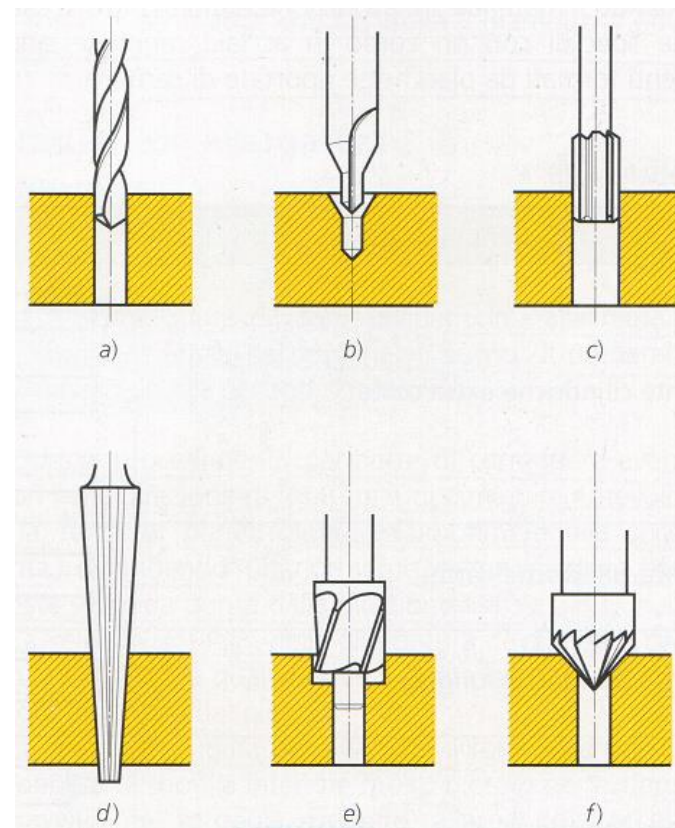
Nella lavorazione dei fori vengono usati diversi utensili a seconda del tipo di foro che si intende eseguire, della precisione e del grado di finitura richiesti e del materiale in lavorazione. Si possono dividere in due categorie gli utensili usati nella lavorazione dei fori.

Utensili che eseguono un foro dal pieno:

- Punta elicoidale A;
- Punta da centri B.

Utensili che compiono lavorazioni ulteriori su un foro preesistente:

- Alesatore cilindrico C;
- Alesatore conico D;
- Fresa frontale per lamatura E;
- Fresa conica per svasatura F.



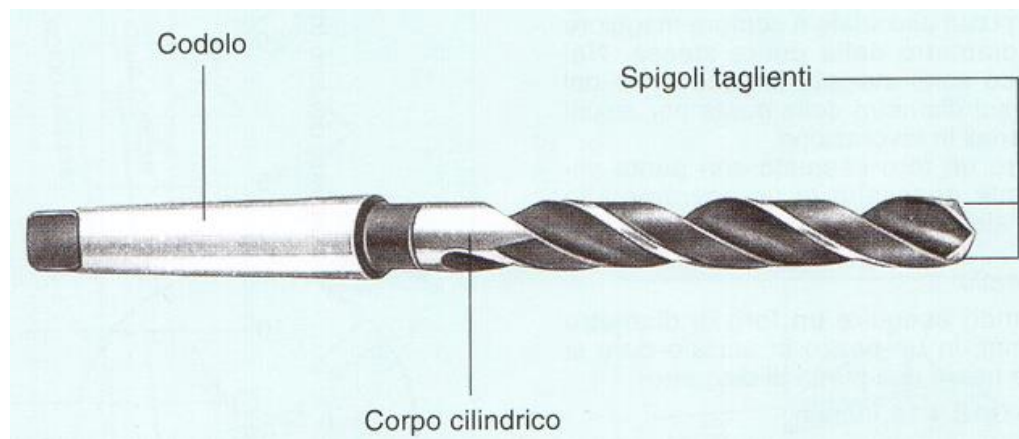
## Punta elicoidale

L'utensile più usato nell'esecuzione di fori è la punta elicoidale o punta a elica. Essa è costituita dalle seguenti parti principali.

Corpo cilindrico (stelo) nel quale sono ricavate due profonde scanalature opposte e inclinate rispetto all'asse del cilindro.

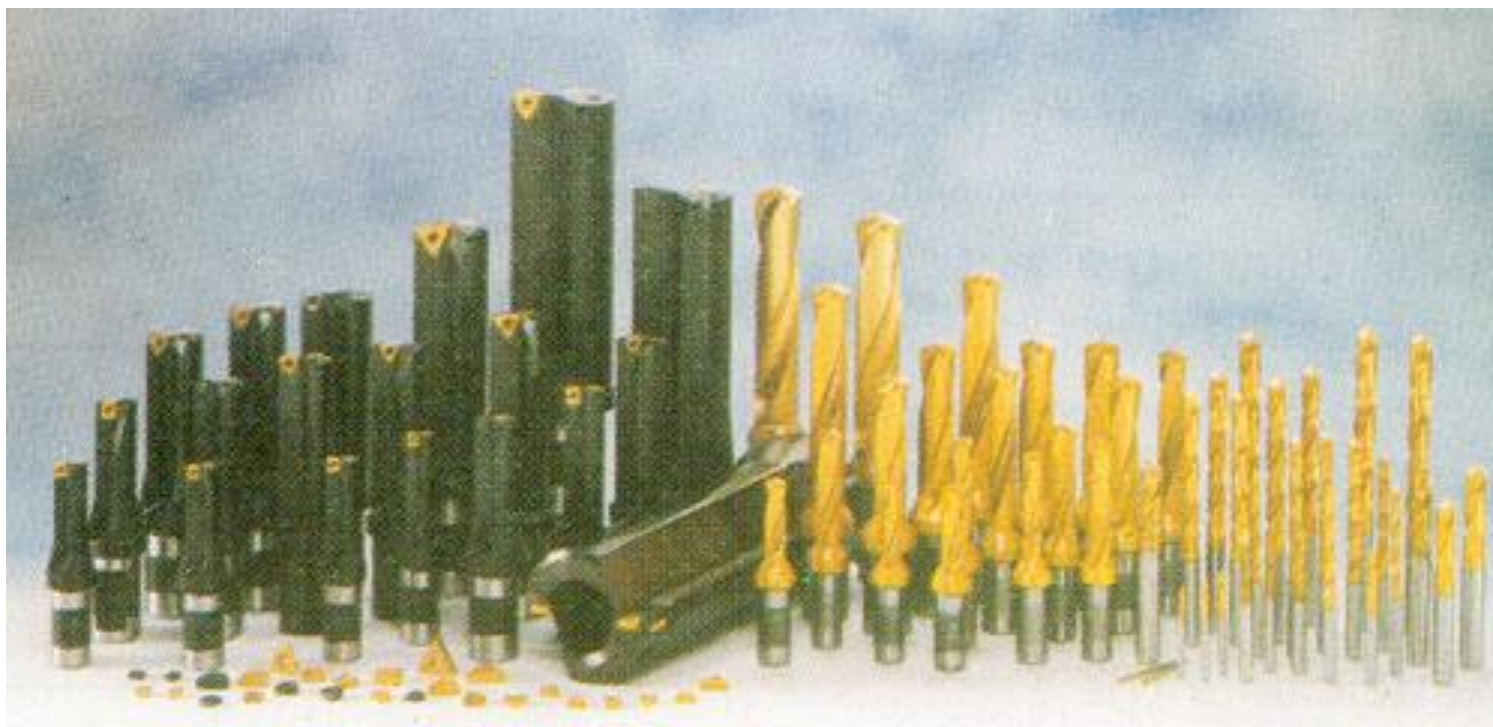
Testa munita di spigoli taglienti inclinati simmetricamente rispetto all'asse.

Codolo cilindrico o conico posteriore per il fissaggio della punta al mandrino.



## Punta elicoidale

Punte per fori, integrali e con placchette riportate.





## **Materiali delle punte**

Il materiale con cui vengono costruite le punte deve essere assai più duro del materiale che le punte stesse sono destinate a lavorare. I materiali più usati sono gli acciai rapidi o superrapidi, spesso dotati di rivestimento. Quando il materiale in lavorazione è molto duro si usano punte speciali con un corpo in acciaio rapido e spigoli taglienti formati da placchette riportate di carburo.

## **Tipi di punte elicoidali**

Nella [tabella](#) sono riportati alcuni dei principali tipi di punte elicoidali disponibili in commercio.



## Operazioni per la foratura

Le operazioni necessarie per la esecuzione e la finitura di un foro variano a seconda del tipo di lavorazione e del grado di precisione richiesta.

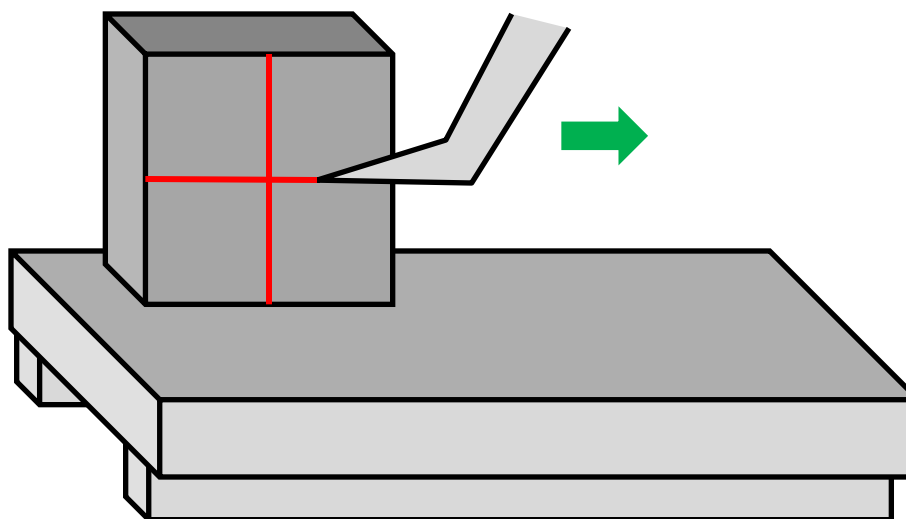
Si possono distinguere quattro momenti principali comuni a ogni lavorazione:

- Tracciatura;
- Centratura dell'utensile sul pezzo;
- Fissaggio del pezzo in lavorazione;
- Esecuzione e lavorazione del foro;
- Controlli.

## Operazioni per la foratura

### Tracciatura

Consiste nel tracciare sul pezzo in lavorazione i riferimenti necessari in corrispondenza del foro da eseguire.



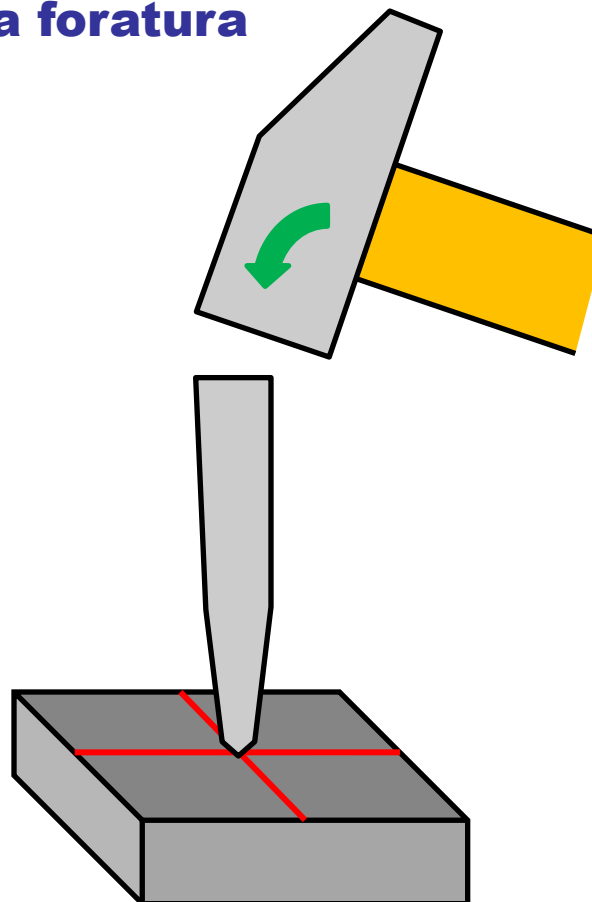
## Operazioni per la foratura

### Centratura

Consiste nel portare l'utensile in corrispondenza del punto centrale, individuato dalla tracciatura.

Questo punto viene generalmente bulinato. Questo punto viene generalmente bulinato. Per evitare che la punta penetri fuori centro rispetto all'asse del foro, questo deve essere iniziato da un utensile speciale, detto punta a centrare, che prepara il cammino alla punta elicoidale.

Quando è richiesta una lavorazione in serie tutte queste operazioni vengono eliminate sistemando il pezzo nell'apposita attrezzatura (maschera di foratura), grazie alla quale l'utensile, attraverso una bussola, vien guidato all'imboccatura del foro.

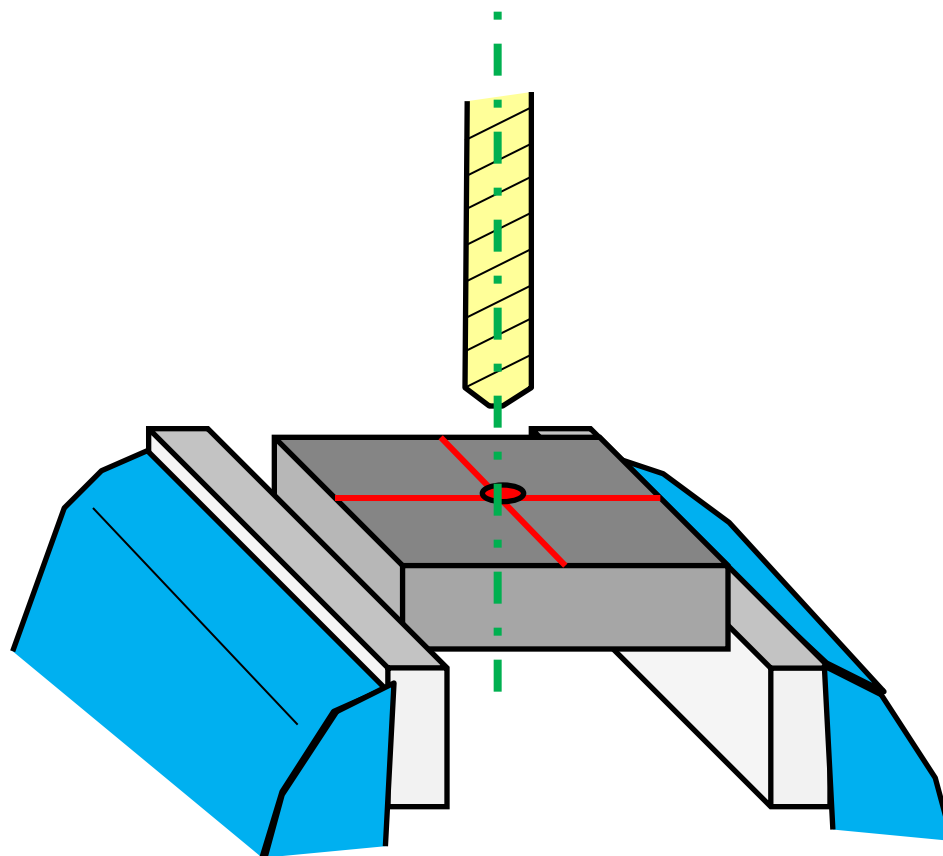




## Operazioni per la foratura

### Fissaggio

Quando il pezzo si trova nella posizione adatta a ricevere l'utensile nel punto voluto viene saldamente fissato mediante gli appositi attrezzi alla tavola portapezzo.

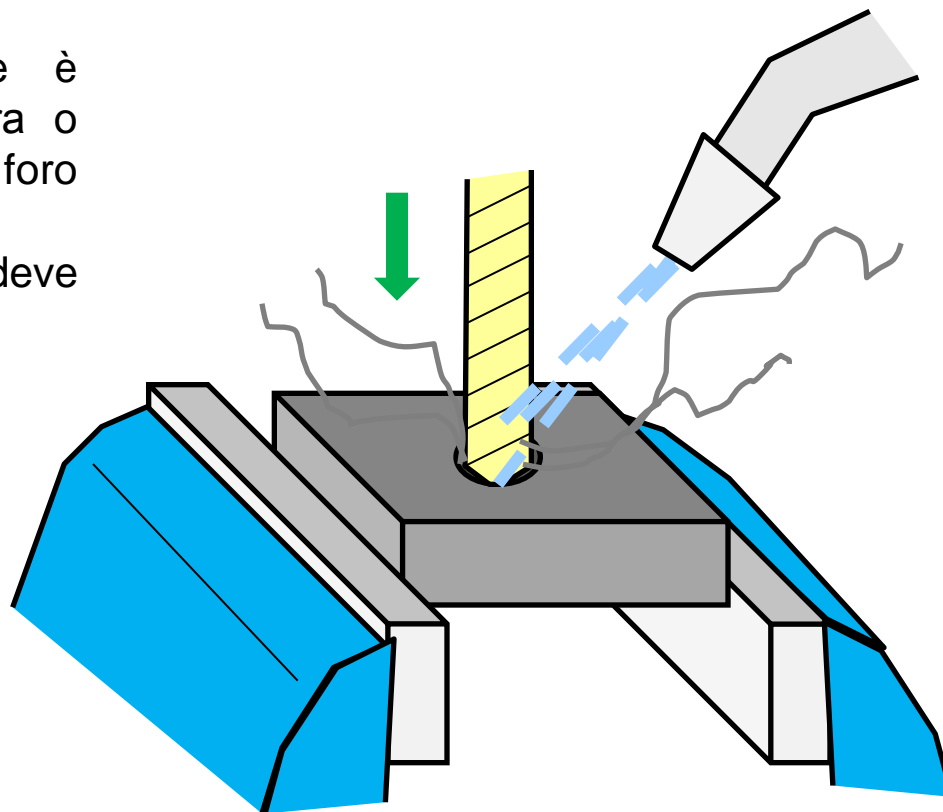


## Operazioni per la foratura

### Foratura e lavorazione del pezzo

La fase principale della lavorazione è l'esecuzione del foro, oppure l'alesatura o fresatura se si deve lavorare un foro preesistente.

Durante questa operazione l'utensile deve essere regolarmente refrigerato.

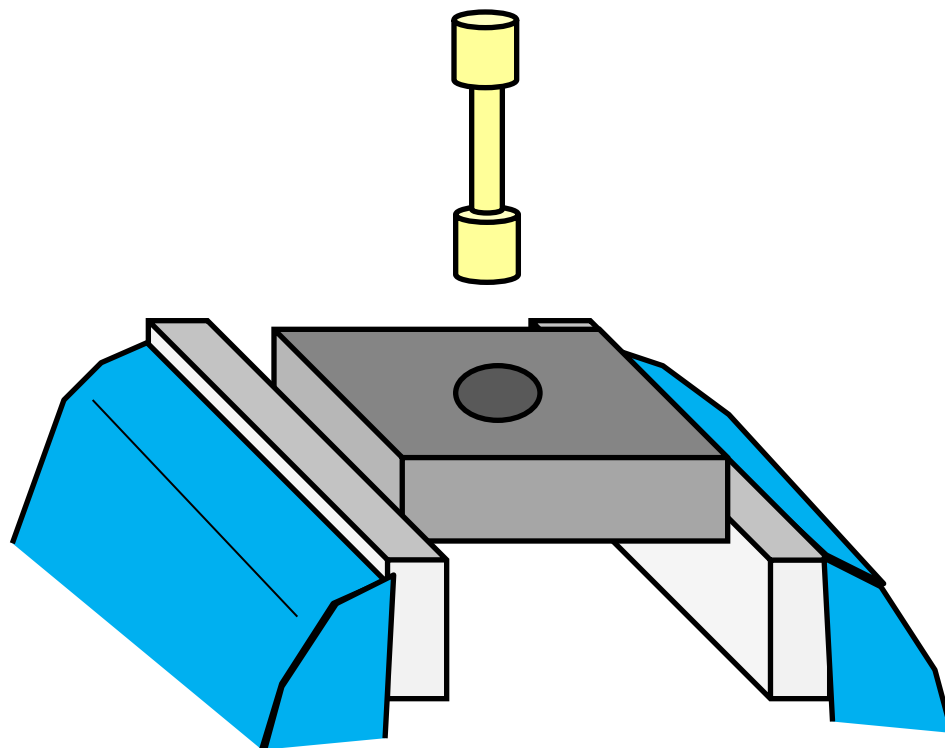


## Operazioni per la foratura

### Controlli

Durante le fasi della lavorazione vengono eseguiti diversi controlli sulla centratura, sulle dimensioni del foro e sulla coincidenza tra asse dell'utensile e asse del foro.

Gli strumenti di controllo più usati sono il calibro differenziale a tampone, mediante il quale si controlla il diametro dei fori; il comparatore, mediante il quale si verifica la coincidenza tra la direzione assiale dell'utensile e quella del foro; l'interimento, che controlla il diametro e l'ovalizzazione del foro.





## Operazioni per la foratura

### Foratura con allargatura

Volendo eseguire un foro sufficientemente diritto occorre impiegare successivamente due punte elicoidali. La prima punta di diametro pari circa alla metà del diametro finale del foro ha lo scopo di preparare il passaggio alla seconda punta.

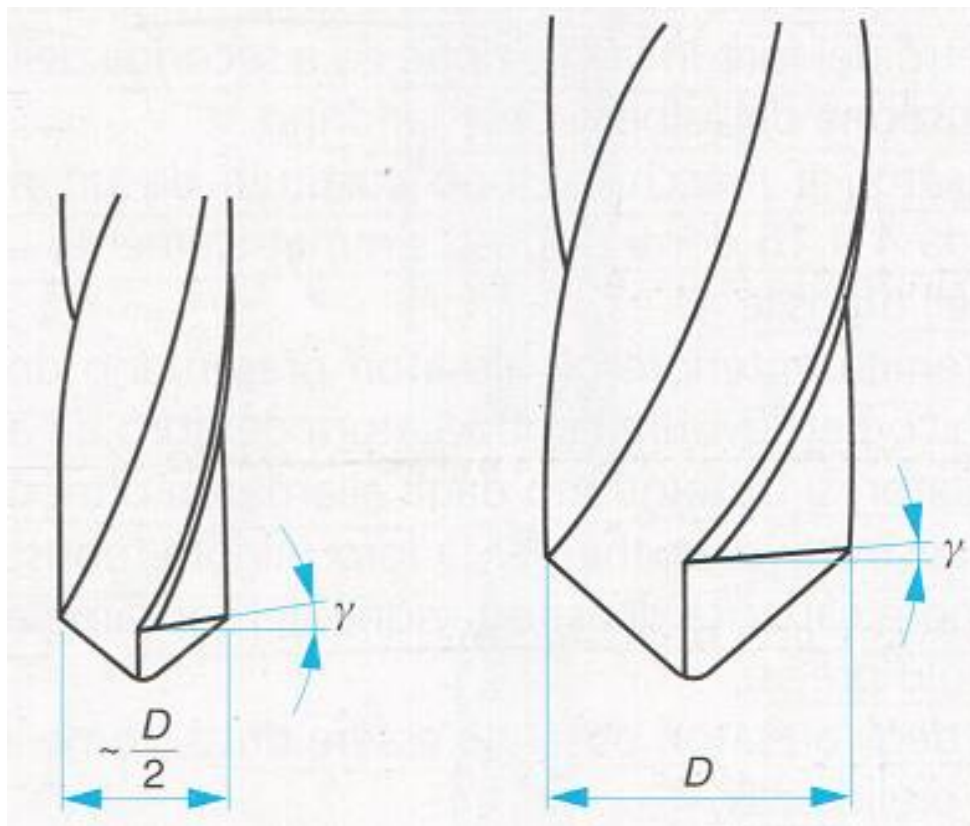
Questo procedimento permette di correggere eventuali errori nella direzione di foratura e di diminuire notevolmente la forza di penetrazione da imprimere alla seconda punta, diminuendo ulteriormente eventuali deviazioni di questa seconda punta dalla direzione assiale.

La velocità di taglio nella allargatura deve essere circa la metà di quella alla quale la stessa punta lavora quando deve eseguire un foro dal pieno.

## Operazioni per la foratura

### Foratura con allargatura

La punta impiegata per allargare il foro deve possedere un angolo di spoglia inferiore molto piccolo per evitare che si «avviti» nel foro già seguito, allargandolo eccessivamente.

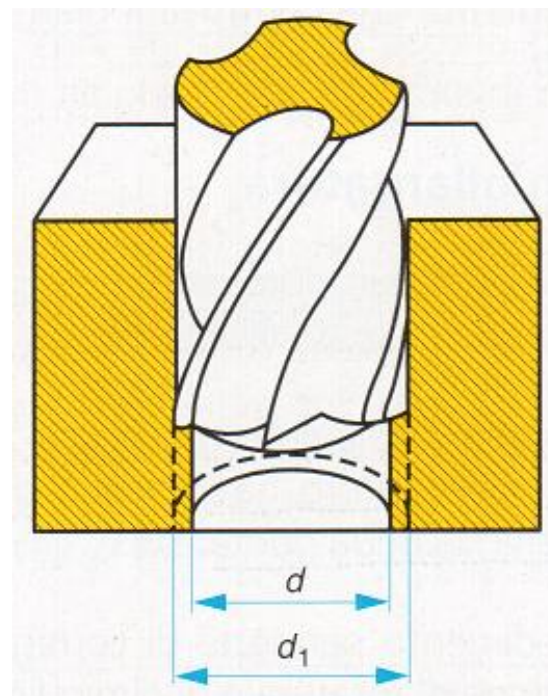


## Utensili per la lavorazione ulteriore dei fori

Oltre agli utensili che eseguono direttamente il foro ne esistono numerosi altri che compiono su di un foro cilindrico o conico preesistente ulteriori lavorazioni di allargamento e rifinitura.

### Allargatore cilindrico

L'*allargatore cilindrico* è simile alla punta elicoidale ma è molto più robusto e preciso.



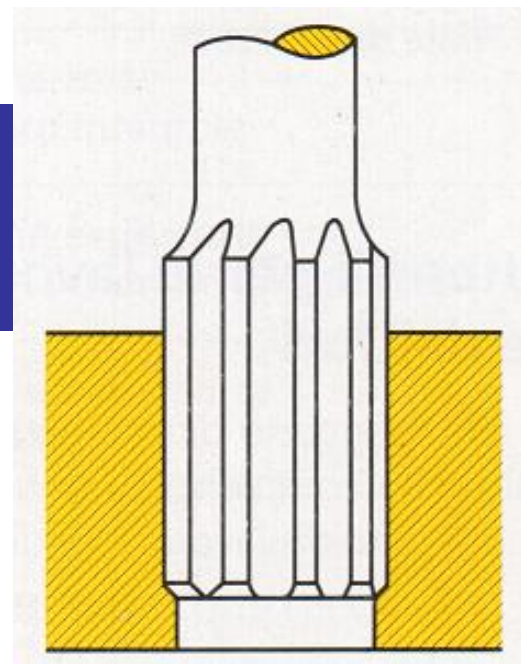
## Utensili per la lavorazione ulteriore dei fori

Oltre agli utensili che eseguono direttamente il foro ne esistono numerosi altri che compiono su di un foro cilindrico o conico preesistente ulteriori lavorazioni di allargamento e rifinitura.

### Alesatori

Gli *alesatori*, che possono essere usati a mano o a macchina, sono utensili che servono a portare a precise dimensioni ed a levigare i fori cilindrici già eseguiti, ad esempio, da una punta elicoidale.

Asportano un soprametallo sul diametro dello spessore, variabile da 0,1 a 0,4 mm, a seconda della velocità di rotazione dell'albero del mandrino. All'estremità anteriore presentano un breve tratto conico per favorire l'imboccatura del foro da alesare. I denti possono essere dritti, come in figura, o elicoidali.

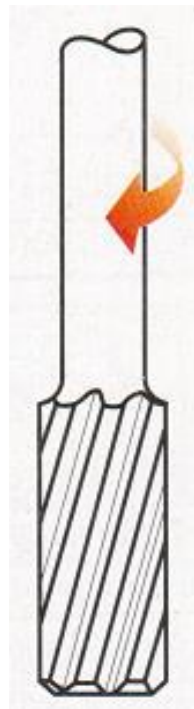


## Utensili per la lavorazione ulteriore dei fori

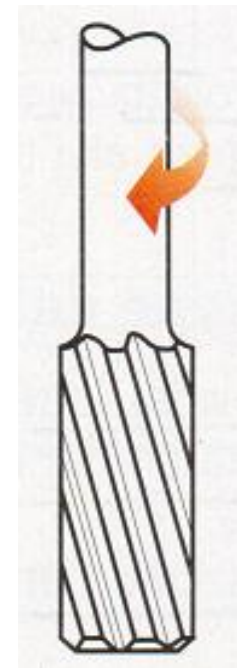
### Alesatori a denti elicoidali

Il senso di rotazione dell'alesatore a denti elicoidali è generalmente destro, cioè uguale al senso di rotazione delle lancette di un orologio.

Nella lavorazione dei fori passanti è preferibile l'uso di alesatori con elica negativa perché levigano meglio la superficie interna del foro.



**Alesatore con elica positiva**



**Alesatore con elica negativa**



## Montaggio degli utensili

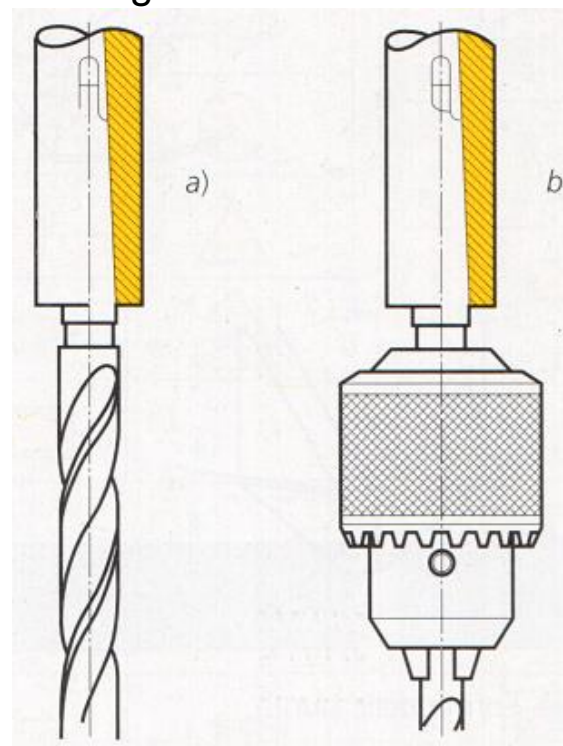
Gli utensili usati per la lavorazione dei fori vengono collegati alle macchine in modi diversi a seconda del loro diametro e della forma del codolo. Il collegamento dell'utensile alla bussola può essere diretto o indiretto.

### Collegamento diretto a)

Per le punte di diametro maggiore il collegamento avviene mediante codoli conici piantati direttamente nelle bussole dell'albero del mandrino.

### Collegamento indiretto b)

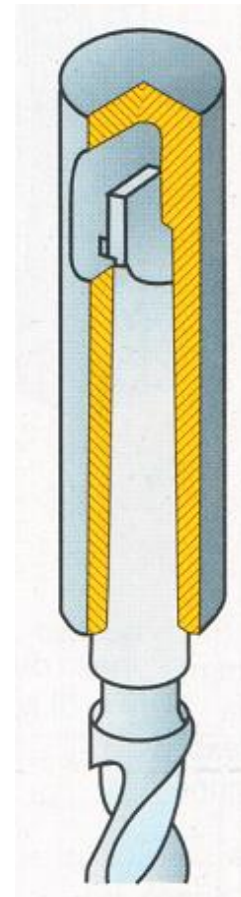
Per le punte di diametro minore i codoli conici o cilindrici vengono alloggiati tra le ganasce di un mandrino porta utensile fornito a sua volta di un codolo che viene alloggiato nella bussola porta mandrino.



## Montaggio degli utensili

### Collegamento diretto

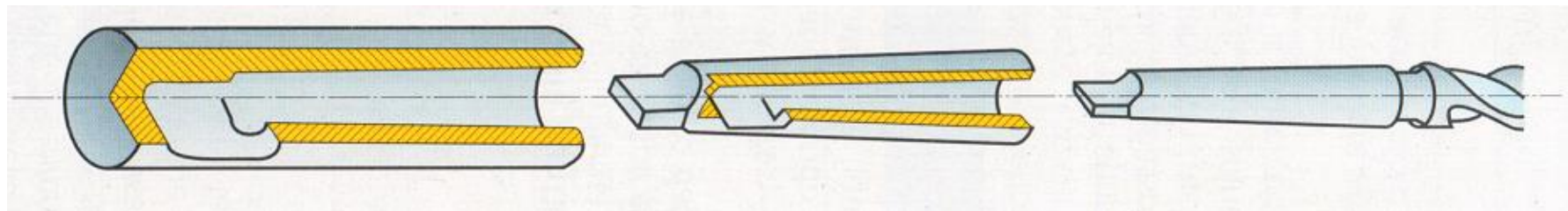
Il collegamento si effettua mediante codoli. I codoli più usati vengono chiamati cono metrico e cono Morse e si distinguono per la diversa conicità. I codoli vengono alloggiati nelle bussole del mandrino che hanno la stessa conicità dei codoli. Il codolo deve essere piantato a fondo nella bussola affinché l'utensile bloccato possa ruotare centrato: una punta che non gira centrata si rompe infatti facilmente. Il codolo è portato in rotazione dalla bussola mediante attrito. La linguetta terminale dei codoli serve soltanto a permettere l'estrazione dell'utensile dalla bussola.



## Montaggio degli utensili

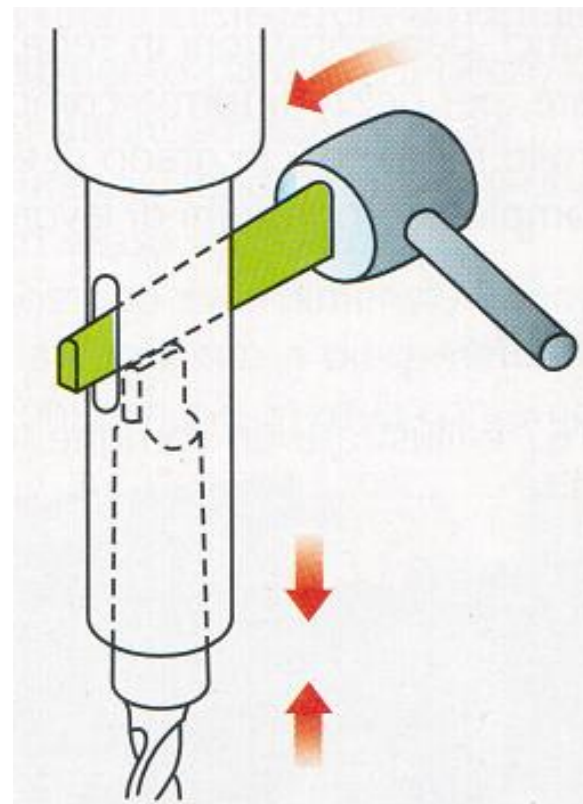
### Coni di riduzione intermedi

Quando per un dato codolo non si abbia a disposizione la relativa bussola, vengono interposti tra bussola e codolo dei coni di riduzione solidale all'albero del mandrino.



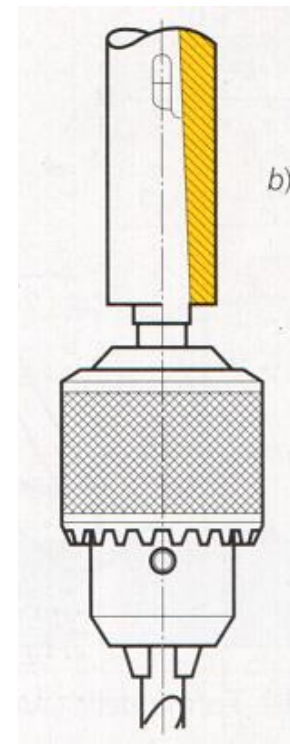
## Estrazione dell'utensile dalla bussola

Il distacco del codolo dalla bussola è ottenuto mediante un espulsore a cuneo (scacciaconi) fatto penetrare attraverso un'asola della bussola. L'espulsore spinge verso il basso la linguetta terminale del codolo e provoca il distacco dell'utensile dalla bussola. Prima di staccare l'utensile dalla macchina è consigliabile porre sotto di esso una tavoletta di legno affinché cadendo non resti danneggiato.



## Collegamento diretto

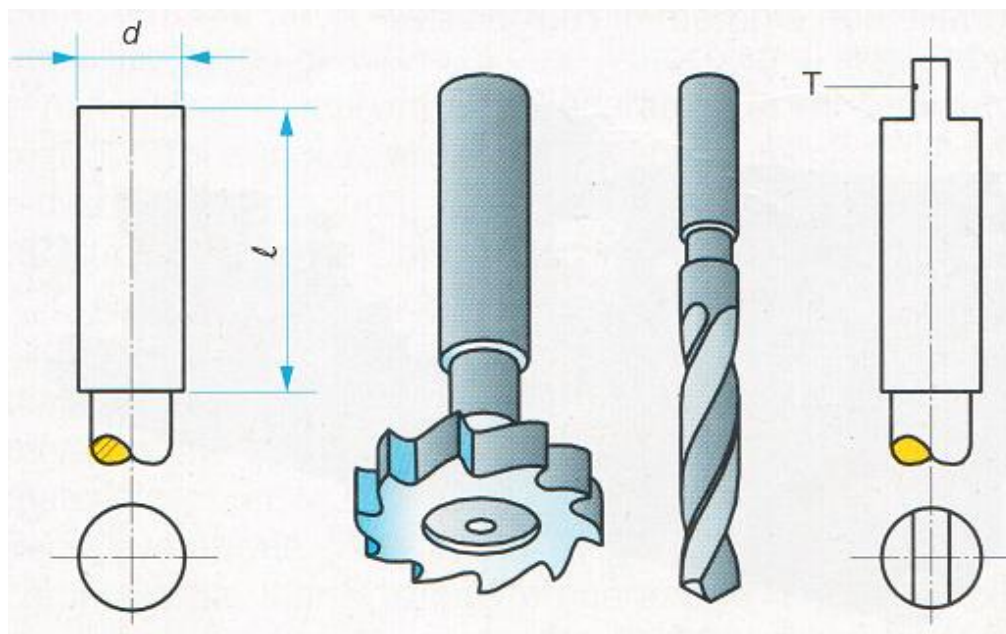
Quando si usano codoli cilindrici o conici di piccolo diametro, il fissaggio dell'utensile alla macchina viene indirettamente attraverso un mandrino porta utensile fornito di un sistema autocentrante costituito da ganasce che bloccano il codolo dell'utensile, come illustrato nella figura. Il mandrino porta utensile possiede a sua volta nella parte superiore un codolo che viene inserito nella bussola dell'albero.



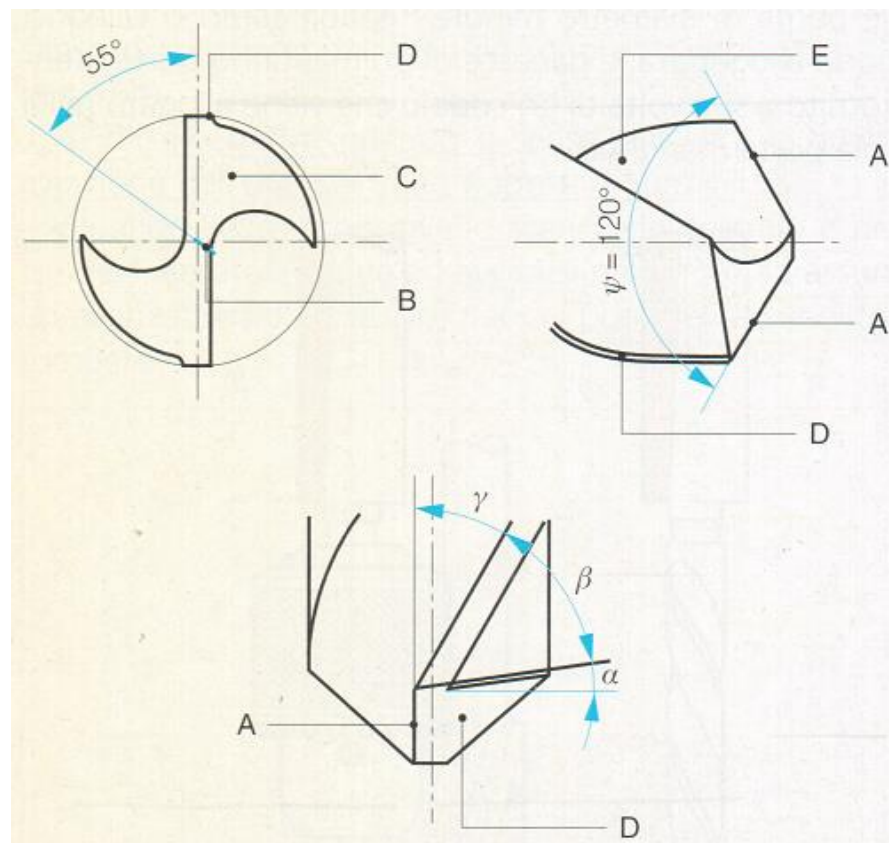
## Codolo cilindrico

Il codolo cilindrico è caratterizzato dalla lunghezza  $l$  e dal diametro  $d$ , variabile da 0,3 mm a 75 mm.

Nella parte superiore è ricavata talvolta una linguetta chiamata dente di trascinamento  $T$ .

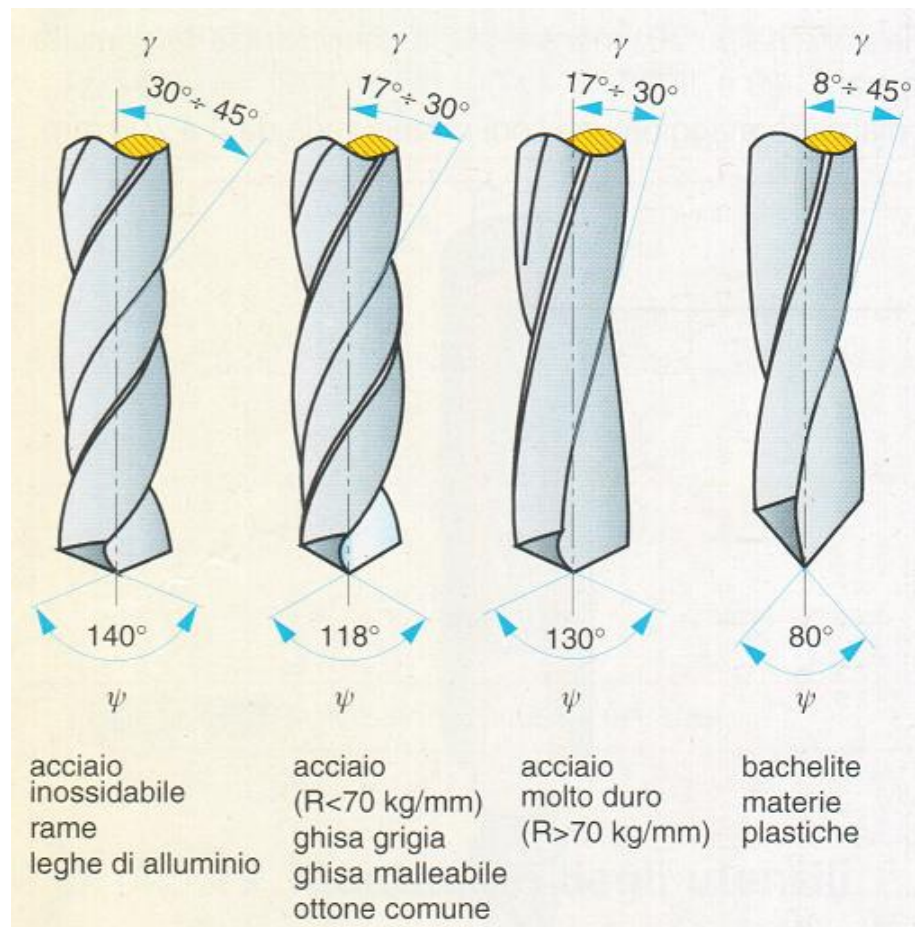


## Forma geometrica dell'estremità anteriore della punta (testa)



## Forma geometrica della punta a seconda del materiale

**Chiave dei codici.**  
**Inserti multitaglienti per foratura e barenatura (estratto dalla tabella ISO 1832-1985)**







# **SCHEDA DI SICUREZZA**

**(informazioni per un uso corretto e di buon comportamento)**



# **Un nostro allievo che esegue una foratura su trapano a colonna sensitivo**

**(video)**