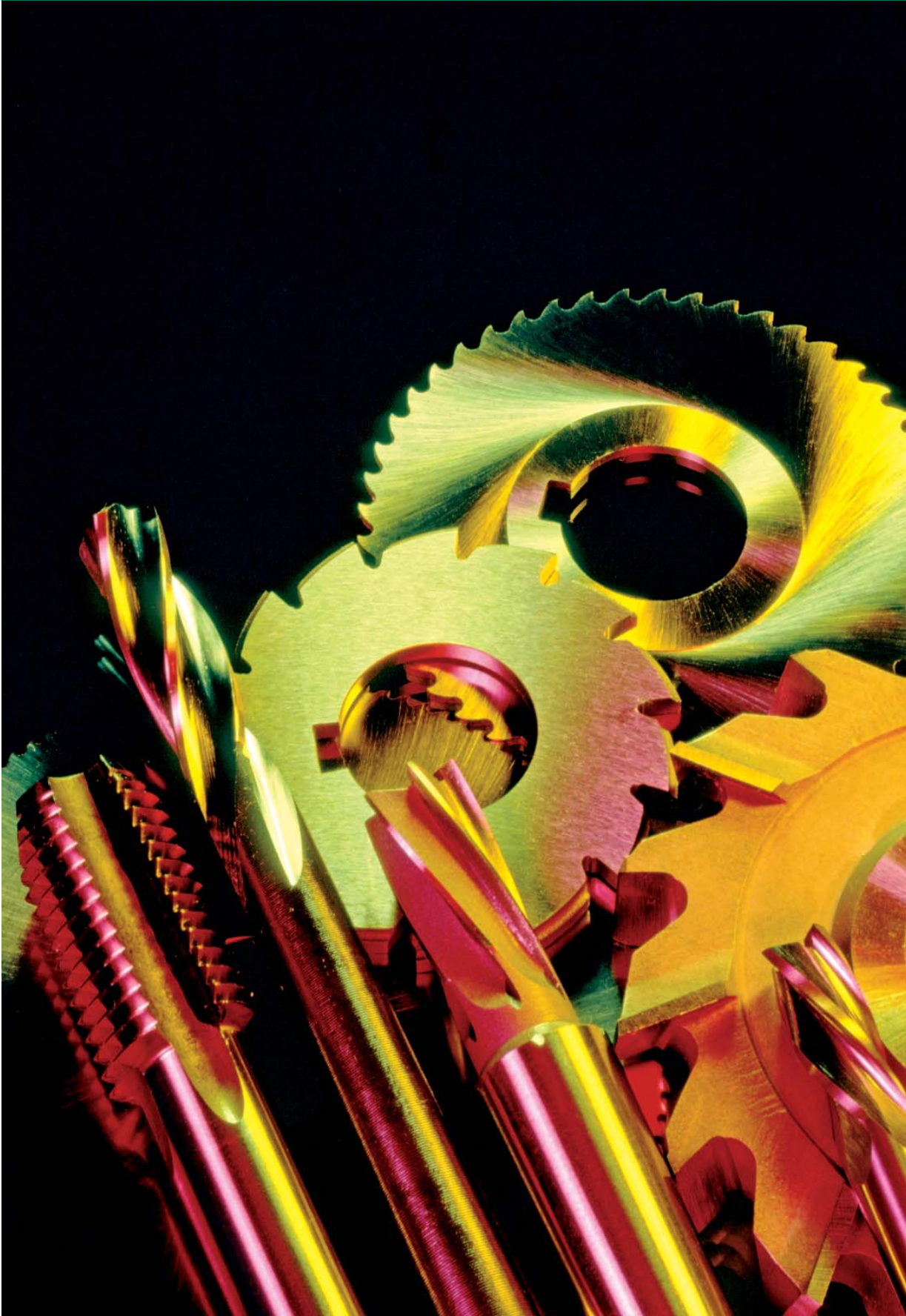


Lavorazioni per asportazione di truciolo



CONTENUTI

- Lavorazioni al banco: tracciatura, limatura, taglio, alesatura, filettatura, raschiatura
- Lavorazioni con macchine utensili: foratura, alesatura, tornitura, fresatura, rettifica

PREREQUISITI

- Conoscenza delle proprietà dei materiali e delle loro caratteristiche
- Conoscenza degli elementi costituenti le macchine

OBIETTIVI

- Apprendere le procedure, le tecniche e i criteri di scelta delle lavorazioni per asportazione di truciolo
- Conoscere i criteri di sicurezza da adottare durante le lavorazioni per asportazione di truciolo

1 Lavorazioni al banco

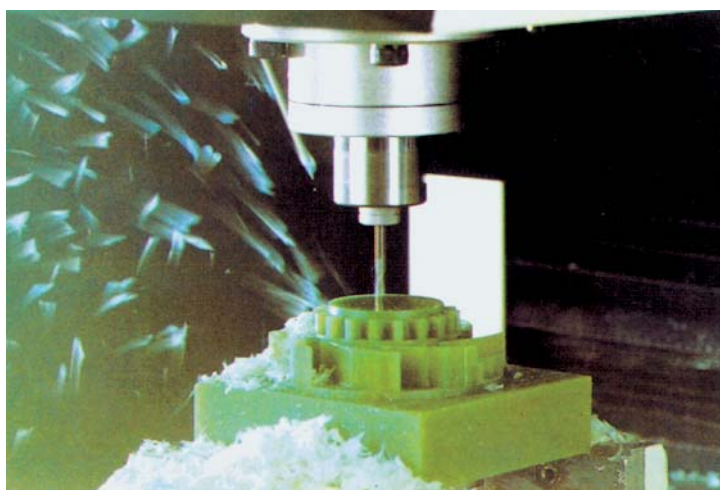
1.1 Generalità

Si chiamano **lavorazioni per asportazione di truciolo** quelle che permettono di modellare un pezzo mediante l'uso di utensili che asportano il materiale in eccesso.

Alcune di queste lavorazioni possono essere eseguite **al banco di lavoro**, mentre altre richiedono l'impiego di specifiche macchine, chiamate **macchine utensili** [fig. 1].

Le principali operazioni eseguite al banco di lavoro (dette anche *operazioni di aggiustaggio*) sono la *tracciatura* 1.2, la *limatura* 1.3, il *taglio* 1.5, la *filettatura* 1.6, la *maschiatura* e l'*alesatura* 1.7.

Le operazioni che richiedono il ricorso alle macchine utensili sono invece la *foratura* 2.5, la *tornitura* 2.6, la *fresatura* 2.11 e le *lavorazioni per abrasione* 2.14.



1 Lavorazione per asportazione di truciolo effettuata con una macchina fresatrice su un pezzo di materiale plastico.

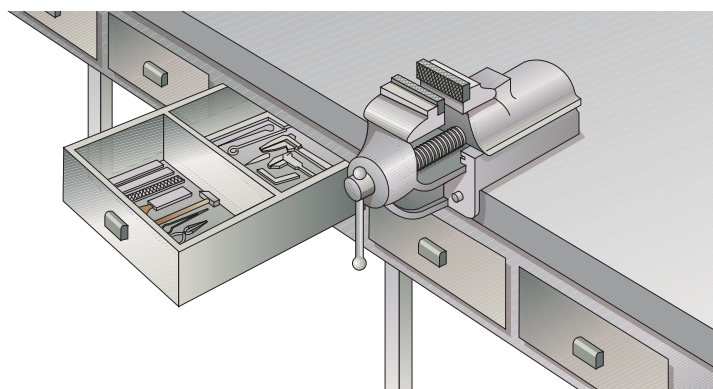


Lavorazioni al banco

Le **lavorazioni al banco** utilizzano attrezzi semplici, generalmente manuali, come lime, seghetti, scalpelli o trapani. Come è facilmente intuibile, le lavorazioni al banco sono piuttosto lente e non sono perciò indicate per la produzione in larga scala, mentre sono insostituibili per l'esecuzione di prototipi, per la lavorazione di pezzi singoli o di serie molto ridotte, per gli interventi di rettifica di stampi ecc.

Esse richiedono di solito un alto grado di professionalità, perché l'operatore deve essere in grado di "leggere" il disegno tecnico che descrive il progetto e di interpretare correttamente le indicazioni del documento descrittivo delle caratteristiche e delle modalità del lavoro, chiamato *ciclo di lavorazione* e deve infine possedere la capacità di effettuare con grande precisione un gran numero di lavorazioni eseguite con tecniche e attrezzi diversi.

Per questo tipo di lavorazioni è molto importante la funzionalità del **posto di lavoro** [fig. 2], che è costituito da un banco (**banco di lavoro**), normalmente di metallo, che deve svolgere tanto la funzione di *piano di appoggio* che quella di *piano di riscontro* per misure e controlli: deve perciò essere molto robusto e stabile. Sul banco è sempre fissata una *morsa* per bloccare il pezzo durante le varie operazioni 1.4, mentre gli *attrezzi* e gli *strumenti di misura* necessari alle varie lavorazioni sono custoditi in *cassetti* normalmente a due scomparti [fig. 3].



3 Banco di lavoro.

Truciolo

Materiale asportato gradualmente dalla superficie del pezzo in lavorazione; il truciolo assume forme diverse a seconda del materiale in lavorazione e a seconda della forma geometrica del tagliente.

2 Laboratorio-officina con banchi di lavoro.

1 Lavorazioni al banco

1.2 Tracciatura

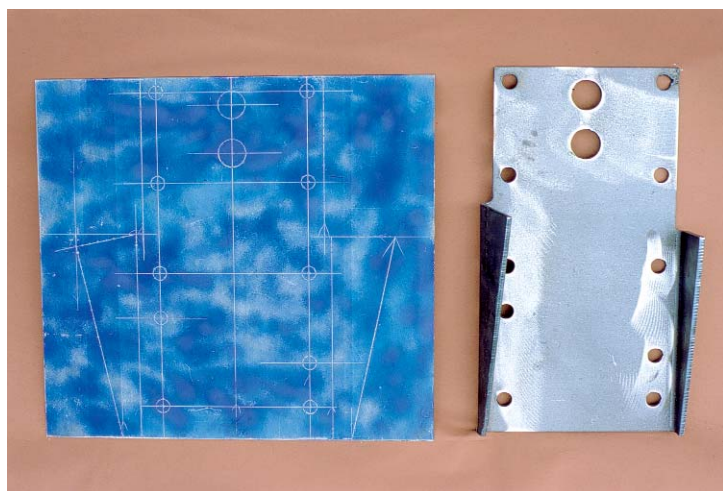
La **tracciatura** è la prima operazione che viene eseguita sul banco di lavoro. Consiste nell'incidere sull'elemento da lavorare le *linee* e i *punti notevoli* definiti dal progetto e che costituiscono i riferimenti per le lavorazioni successive (*profilo del pezzo, assi dei fori, vertici degli angoli, linee di piegatura ecc.*) [fig. 1].

L'incisione di linee è detta **tracciatura**, mentre l'incisione di punti è detta **bulinatura** o **punzonatura**.

Operazioni della tracciatura

Per realizzare una buona tracciatura occorre eseguire con cura le seguenti operazioni:

- preparazione della superficie interessata con spazzole metalliche, raschietti o tela abrasiva, per eliminare ogni residuo di incrostazione o ruggine;
- coloritura della superficie da tracciare per rendere più visibile il risultato della tracciatura;
- tracciatura propriamente detta;
- bulinatura dei punti notevoli.



1 Esempio di tracciatura su lamiera. La particolare colorazione blu (blu di Prussia) rende più evidenti i segni della tracciatura e della bulinatura. A destra è rappresentato l'oggetto finito.

Attrezzi per la tracciatura

Oltre agli attrezzi già esaminati nelle schede dell'unità 1 del volume, quali *piani di riscontro, righe, squadre, metro, calibro, goniometro*, la tracciatura richiede l'impiego di alcuni attrezzi particolari:

- **punte a tracciare**: servono per incidere le *linee di tracciatura* sul materiale; sono normalmente dei tondini di acciaio temprato dotati all'estremità di una punta molto affilata, adatta a incidere e forniti di adeguate impugnature; le punte a tracciare possono essere rettilinee o piegate di 90° a un'estremità [fig. 3];
- **bulini** o **punzoni**: servono per marcare dei punti; i *bulini* sono utilizzati per marcature leggere, i *punzoni* per marcature più profonde come gli assi dei fori; sono costituiti da un corpo cilindrico dotato all'estremità di una punta conica [fig. 2];
- **compassi**: servono per tracciare circonferenze e archi di circonferenza o per riportare distanze;
- **truschini**: servono per tracciare elementi tridimensionali con linee parallele al piano di appoggio del truschino stesso; sono costituiti da una punta montata su un supporto dotato di braccio regolabile in altezza [fig. 4] e possono essere semplici, con nonio (*truschini graduati*) o digitali.



2 Bulino.



3 Punta a tracciare.



4 Truschino digitale. Lo strumento, scorrendo parallelamente al pezzo, consente alla punta ad esso collegata di tracciare linee la cui altezza, rispetto al piano di lavoro, è rilevata dal dispositivo digitale.

1 Lavorazioni al banco

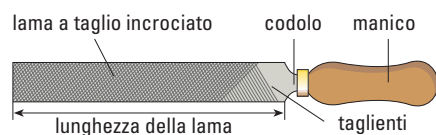
1.3 Limatura

La **limatura** consiste nell'asportazione di materiale sotto forma di trucioli tramite un attrezzo particolare chiamato *lima* e può essere considerata l'operazione più importante per un aggiustatore al banco.

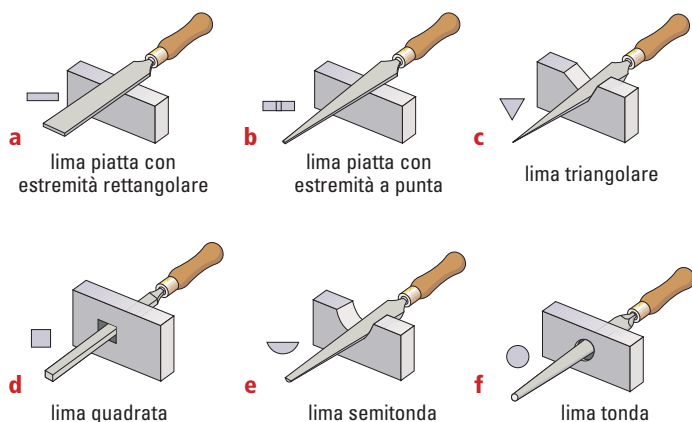
La limatura è un'operazione molto lenta, che viene eseguita solo quando l'utilizzo di macchine utensili non è economicamente vantaggioso, e richiede una particolare esperienza e abilità da parte dell'operatore.

La lima

La **lima** [fig. 1] è un *utensile a taglienti multipli*, realizzato con acciaio temprato ed è costituita dal *corpo*, dove sono ricavati i taglienti, e da un *codolo*, di forma appuntita, posizionato a un'estremità, al quale viene fissato il *manico*.



1 Parti della lima.



2 Tipi di lime.

Le lime possono essere di vari tipi secondo la lavorazione che si deve eseguire e il grado di finitura richiesto. Esse assumono nomi diversi in base alla loro sezione, alla densità di taglio (*dolce*, *bastardo*, *fine*, *grosso* ecc.), alla lunghezza e al tipo di dentatura (taglio semplice o dritto per materiali teneri, taglio doppio o incrociato per materiali duri, raspa per il legno) [fig. 2].

I tipi di lima più comuni sono:

- lima piatta con estremità rettangolare [fig. 2a];
- lima piatta con estremità a punta [fig. 2b];
- lima triangolare [fig. 2c];
- lima quadrata [fig. 2d];
- lima semitonda [fig. 2e];
- lima tonda [fig. 2f].

Taglienti e densità di taglio

I **taglienti** sono risalti inclinati rispetto al corpo della lima, resi affilati mediante opportune lavorazioni. La loro lunghezza, la loro sezione e il loro numero variano a seconda del tipo di lima.

Le lime possono essere a *taglio semplice*, se dotate di una sola serie di taglienti, paralleli tra loro, o a *taglio incrociato*, se dotate di due serie di taglienti che si intersecano. Nelle lime da legno i taglienti, incrociati e con risalto molto pronunciato, sono chiamati *denti*.

La **densità di taglio** è un numero che indica quanti taglienti ci sono in un centimetro quadrato di lima. Ogni lavorazione richiede l'uso di lime con densità di taglio appropriata: per esempio il *taglio bastardo* serve per operazioni di *sgrossatura* e *sbavatura*, il *taglio fine* per lavorazioni di finitura di precisione, il *taglio grosso* e *dolce* per lavorazioni intermedie alle precedenti.

PER SAPERNE DI PIÙ

La raschiatura

La **raschiatura** [fig. 3] è un'operazione che ha lo scopo di aumentare il grado di finitura di superfici precedentemente lavorate con macchine utensili o con lima. Essa viene eseguita con appositi **raschietti** in acciaio temprato, resi molto affilati da personale altamente specializzato.

Questa lavorazione consente di ottenere superfici paragonabili a quelle rettificate [2.13] e viene adottata per la costruzione di piani di riscontro, montanti, slitte e guide di scorrimento per macchine utensili. Con questa lavorazione si realizzano anche *microsolchi* che servono per trattenere i prodotti lubrificanti, destinati a migliorare lo scorrimento di parti in movimento reciproco.



3 Raschiatura manuale.

1 Lavorazioni al banco

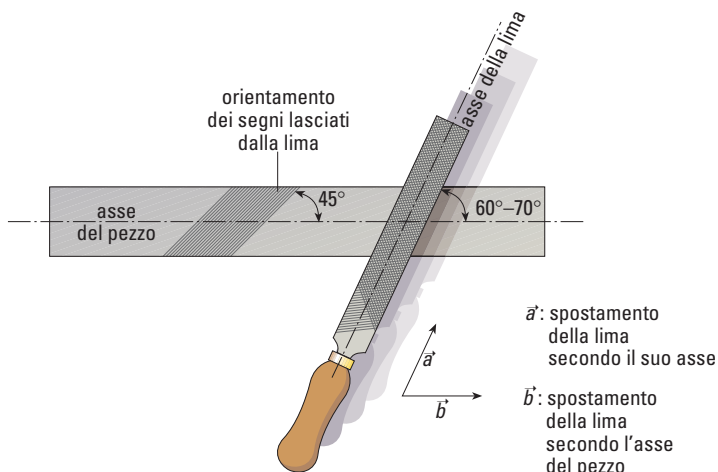
1.4 Regole per la corretta limatura

Per eseguire una buona limatura è necessario osservare alcuni accorgimenti.

- Il pezzo deve essere ben bloccato nella morsa, in modo da evitare vibrazioni durante la limatura. Il bloccaggio deve avvenire avendo cura di non rovinare le superfici già lavorate.
- L'impugnatura della lima deve essere sicura: mentre una mano afferra il manico, l'altra, appoggiata sull'estremità dell'attrezzo, controlla il movimento e la pressione sul pezzo.
- La lima deve essere orientata rispetto al pezzo con un'inclinazione di $60-70^\circ$ e deve essere mossa in modo da lasciare sul pezzo dei segni inclinati di 45° rispetto all'asse del pezzo. Per ottenere questo risultato occorre che la lima venga spostata contemporaneamente lungo il proprio asse e lungo l'asse del pezzo [figg. 1 e 2].
- Per ottenere elevati gradi di finitura, è consigliabile iniziare

la limatura utilizzando lime a taglio grosso e procedere progressivamente con tagli sempre più dolci. Eseguire **2.2** *incrociate* rende più veloce il lavoro, ma non è consigliato per operazioni di *finitura*.

- In caso di superfici concave, spigoli e fori, si devono preferire lime a sezione circolare o semicircolare, con raggi inferiori a quelli della parte da lavorare. La limatura degli spigoli deve avvenire con movimento breve e veloce.
- Devono essere effettuati controlli molto frequenti per verificare la planarità, la perpendicolarità o il parallelismo delle facce. Gli strumenti da usare per i controlli sono, nell'ordine: *guardapiani*, *piani di riscontro* e *colorante blu di Prussia* (che viene steso sul piano in modo che, passando sopra il pezzo, le parti che non si colorano evidenzino le cavità ancora da spianare), *squadrette a 90°* , *cilindro retto*, *compasso di spessore*, *calibro a corsoio* o *comparatore centesimale*.



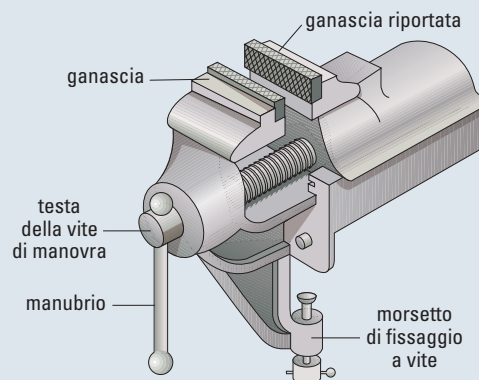
- 1** Inclinazione della lima e dei segni della limatura rispetto all'asse del pezzo. L'operazione di limatura deve avvenire spostando l'attrezzo lungo il suo asse e lungo l'asse del pezzo.



La morsa

La **morsa** [fig. 3] è un *utensile meccanico a vite* usato per serrare e trattenere i pezzi durante varie lavorazioni, come limatura, filettatura, segatura, fresatura, saldatura, montaggio di altri elementi, incollaggio. I modelli di morsa più comuni sono in acciaio fuso o in ghisa, ma esistono anche morse di legno. La *forza di serraggio* si ottiene mediante una vite manovrabile a mano, agendo sull'impugnatura a manubrio scorrevole. La vite muove una *ganascia a slitta* che stringe il pezzo contro una simmetrica ganascia fissa (*ganascia riportata*).

Per non rovinare il pezzo serrato, si usa ricoprire le ganasce con lamine di metallo dolce chiamate *mordacchie*, di solito in rame o in piombo.



- 3** Morsa da banco.

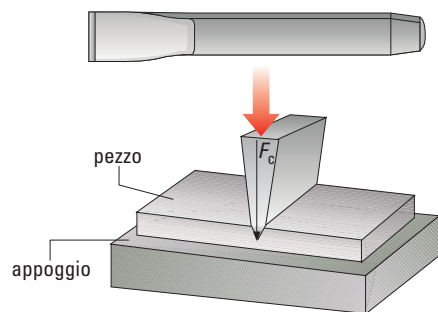
- 2** Posizione corretta per limare un pezzo.

1 Lavorazioni al banco

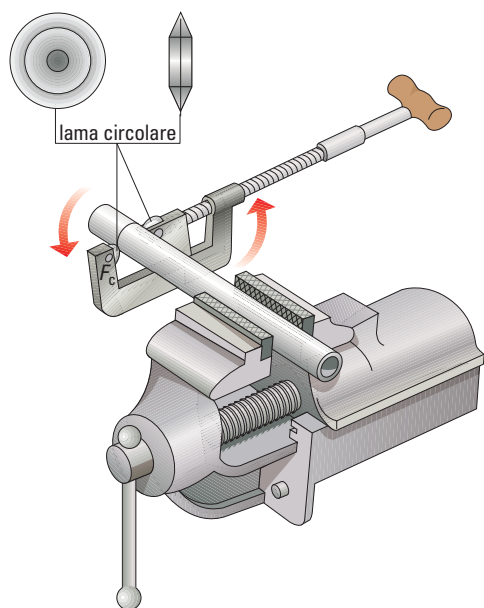
1.5 Taglio

Il **taglio** è un'importante lavorazione che viene eseguita ai banchi di aggiustaggio, tramite utensili a uno o due taglienti o multitaglienti.

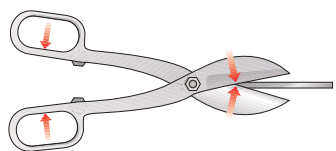
Gli **utensili a uno o due taglienti** non producono asportazione di truciolo e sono impiegati per materiali teneri e di spessore ridotto. Essi sono essenzialmente *scalpelli piani* e *circolari*, *tagliatubi*, *tenaglie*, *tronchesi a tagliente diagonale*, *tronchesi a doppia leva a tagliente frontale*, *cesoie manuali* o *a leva* [fig. 1]. Gli **utensili a più taglienti** eseguono il taglio con asportazione di truciolo operando con movimenti rettilinei alternati (*seggetti* o *segatrici a lama*) o con movimento circolare (*segatrici a disco* o *a nastro*). Sono generalmente realizzati con **acciaio super rapido** e conformati in modo da ridurre gli attriti contro i lembi tagliati ed evitare bloccaggi per dilatazione termica causata dal surriscaldamento.



a



b



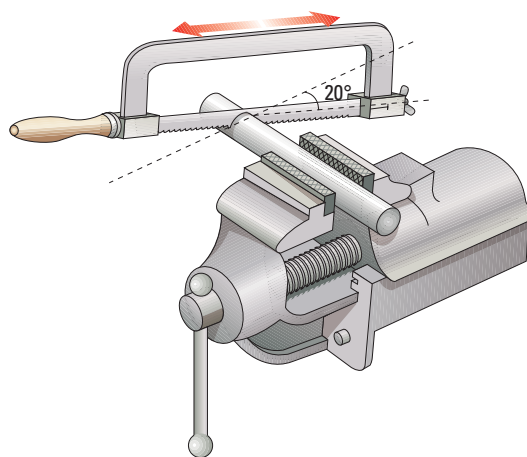
c

1 Utensili per il taglio a un solo tagliente: (a) scalpello piano; (b) tagliatubi; (c) cesoie.

Il seghetto

Il **seghetto** è composto da una *lama* (utensile), un *archetto*, che funge da telaio e permette di tendere adeguatamente la lama, e da un *manico*, che agevola l'impiego dell'attrezzo [fig. 2]. Durante l'operazione di taglio con seghetto occorre osservare alcune regole:

- il pezzo da tagliare deve sempre essere bloccato nella morsa;
- l'inclinazione della lama rispetto all'orizzontale deve essere di 20-30°;
- la forza impressa alla lama deve permettere uno scorrimento agevole della stessa;
- la fase di ritorno del moto alternato deve essere *di scarico*;
- durante la fase terminale dell'azione (cioè quando il taglio del pezzo è quasi ultimato) bisogna ridurre la pressione di taglio;
- la scelta della lama è importante, perché essa deve consentire l'agevole fuoriuscita dei trucioli che si formano durante la segatura. Altri elementi che influiscono sulla scelta della lama sono il tipo di materiale da tagliare, lo spessore e l'orientamento del taglio.



2 Il seghetto ad arco è un utensile a più taglienti operante con moto rettilineo alternato.

Acciaio super rapido

Acciaio che, oltre al carbonio, contiene altri elementi di lega in quantità tali da influire notevolmente sulle proprietà tecnologiche e meccaniche. L'aumento di queste proprietà lo rende molto utilizzato per la realizzazione di utensili da taglio o per asportazione di truciolo.

1 Lavorazioni al banco

1.6 Filettatura

La **filettatura** è l'operazione che permette di realizzare il filetto di una vite o di una madrevite (in quest'ultimo caso è detta **filettatura interna** o **maschiatura**).

Gli utensili impiegati sono rispettivamente le *filiera* e i *maschi*. La **filiera** [fig. 1] è costituita da un anello dotato internamente di *pettini taglienti*, mentre il **maschio** [fig. 2] è costituito da un corpo cilindrico dotato anch'esso di taglienti che riproducono il profilo della filettatura che si vuole ottenere.

Gli utensili sono mossi da **girafiliera** o **giramaschi** [figg. 3, 4 e 5], costituiti da un sistema di bloccaggio degli utensili e da due bracci con impugnature, normalmente zigrinate. Il movimento impresso agli utensili è rotatorio e il verso della rotazione deve essere sistematicamente invertito, in modo da permettere lo scarico del truciolo.

Nocciolo del maschio

È la parte cilindrica intorno alla quale sono realizzati i taglienti.



1 Filiera.



2 Diversi tipi di maschi sgrassatori (contrassegnati da un solo anello).

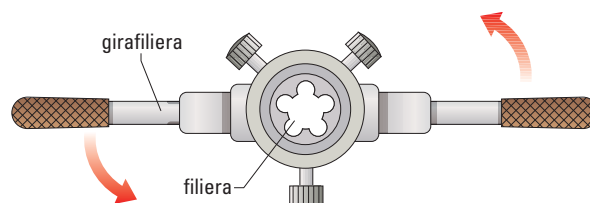
La filettatura per la maschiatura manuale è realizzata utilizzando una serie di tre maschi secondo l'ordine seguente:

- *maschio sgrassatore*, identificato sempre con un anello riportato sul corpo;
- *maschio intermedio*, identificato con due anelli;
- *maschio finitore*, che non ha nessun anello di identificazione (in passato era identificato con tre anelli).

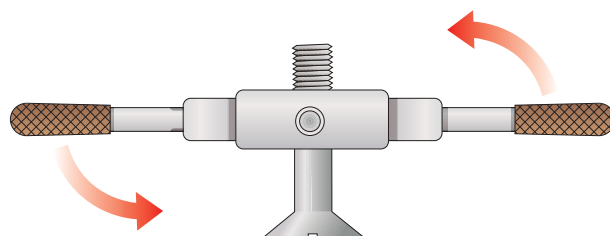
Il materiale usato per questi utensili è generalmente acciaio al carbonio e in casi speciali acciaio super rapido. Per filettature di precisione, la vite del maschio è rettificata.

Per essere correttamente filettato, un foro deve essere perfettamente cilindrico e il suo diametro non deve essere inferiore a quello del **nocciolo del maschio**. È importante che durante la filettatura i taglienti del maschio siano adeguatamente lubrificati.

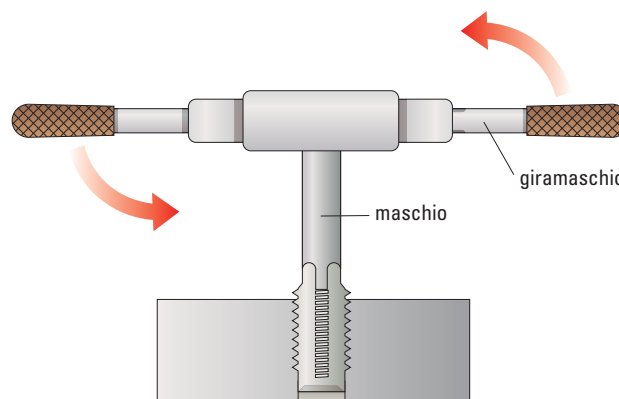
La filettatura può essere eseguita anche al tornio **2.9**.



3 Girafiliera entro la quale è inserita la filiera.



4 Filettatura di una vite per mezzo di una filiera.



5 Maschiatura di una madrevite per mezzo di un maschio.

1 Lavorazioni al banco

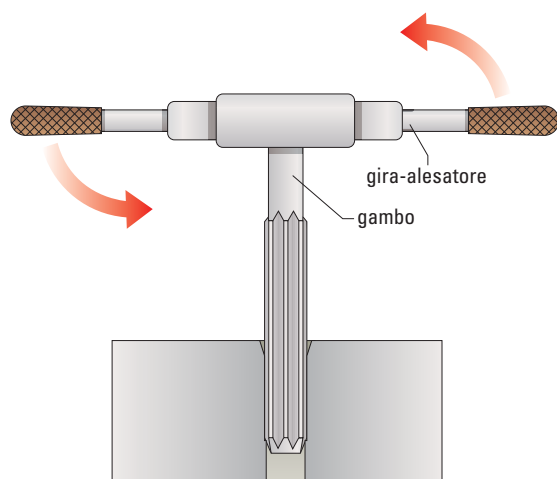
1.7 Alesatura

Si definisce **alesatura** l'operazione che consiste nell'ingrandimento di un foro cilindrico già esistente.

L'alesatura può essere eseguita a mano, con tornio, con trapano o con alesatrice.

L'*alesatura a mano* viene effettuata con utensili detti *alesatori*, o anche *allargatori* o *calibratori*.

L'**alesatore** [fig. 1] è costituito da una *parte conica* iniziale, la cui funzione è quella di asportare il cosiddetto *sovrametallo*, una *parte centrale* che mantiene l'allineamento e calibra il foro e dal *gambo* alla cui estremità è fissato un manico particolare, detto *gira-alesatore*, che permette di manovrare l'utensile nel suo movimento rotatorio.



1 Alesatore.

PER SAPERNE DI PIÙ

Calibratori

Gli alesatori spesso vengono chiamati anche **calibratori** perché, come il nome stesso suggerisce, la loro funzione più tipica è proprio quella di conferire al foro un determinato *calibro*.

È solo il caso di ricordare che il termine *calibro* ha qui il significato di foro molto preciso e nulla ha a che vedere con l'omonimo strumento descritto nell'unità 1 del volume.

Per una corretta esecuzione dell'alesatura, il diametro dei fori da alesare deve essere di circa 0,2-0,3 mm inferiore a quello definitivo e deve essere realizzata una *svasatura* all'imbocco del foro per facilitare la centratura dell'utensile. È necessario controllare frequentemente la posizione dell'alesatore con una squadretta. Il senso di rotazione dell'utensile non deve mai essere invertito, per evitare che il truciolo si incastri tra i denti e la parete del foro rovinando la superficie e il tagliente. L'**alesatura su tornio** viene eseguita quando il pezzo non è troppo grande o troppo pesante. Può essere eseguita sia con utensili da tornio sia con alesatori.

Nell'**alesatura su trapano** l'utensile alesatore è fissato al mandrino del trapano e il pezzo è fissato alla tavola del trapano stesso.

Quando occorre effettuare fori di grande diametro su pezzi di dimensioni rilevanti o quando è richiesta particolare precisione nel posizionamento dell'asse, l'alesatura può essere eseguita mediante particolari macchine utensili chiamate **alesatrici** o **barenatrici**.

Queste macchine, oltre ai lavori di alesatura vera e propria, consentono anche lavori di *fresatura* o lavori di *sfacciatura* e di *filettatura*.



LAVORAZIONI AL BANCO

Attenzione a: urti, colpi, compressioni, punture, tagli, abrasioni, proiezione di schegge.

Norme generali

- Selezionare il tipo di utensile adeguato all'impiego.
- Verificare il buono stato dell'attrezzo da utilizzare.
- Fissare correttamente il pezzo da lavorare.
- Per l'uso dei seghetti verificare la regolare tensione della lama.
- Impugnare saldamente l'utensile.
- Assumere una posizione corretta e stabile.
- Non utilizzare l'utensile in maniera impropria.
- Pulire accuratamente e riporre correttamente gli utensili.
- Non tenere mai gli utensili nelle tasche degli abiti.

Indossare sempre: guanti, calzature di sicurezza, indumenti protettivi (tuta), occhiali.

2 Lavorazioni con macchine utensili

2.1 Le macchine utensili e gli utensili

Le macchine utensili

Le **macchine utensili** sono macchine operatrici destinate alla lavorazione dei materiali metallici e non metallici tramite asportazione di truciolo.

Le macchine utensili moderne, grazie all'elevata potenza e robustezza di cui sono dotate, consentono l'impiego di alte velocità di taglio, compatibilmente con le caratteristiche dei materiali che costituiscono gli utensili.

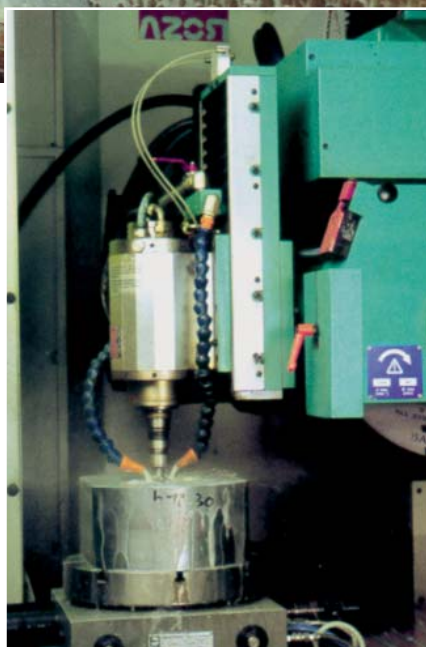
Stozzatrici e brocciatrici

Particolari macchine utensili a moto rettilineo utilizzate per l'asportazione di truciolo da superfici esterne piane (*stozzatrici*) e superfici interne (*brocciatrici*).



1 La rettificatrice è un esempio di macchina dotata di moto rettilineo.

2 A differenza dell'utensile del tornio che è a tagliente singolo, le frese, macchine dotate di moto rotatorio, e le punte elicoidali per trapano presentano più taglienti sulla superficie di taglio (tagliente multiplo).



Le **macchine utensili ad asportazione di truciolo** possono essere di due categorie a seconda che il loro movimento principale sia *di taglio* o *di avanzamento* [2.2]. Si hanno così:

- **macchine a moto rettilineo**, come *piallatrici*, *limatrici*, *rettificatrici* [fig. 1], **stozzatrici**, alcuni tipi di *dentatrici* e **brocciatrici**;
- **macchine a moto rotatorio** con distacco di truciolo per mezzo di utensili non rotanti come i *torni* [2.6] e macchine che adoperano utensili rotanti come le *alesatrici*, i *trapani* [2.4], le *fresatrici* [fig. 2] [2.10] e le *segatrici a disco*.

Gli utensili

L'asportazione del truciolo da parte delle macchine utensili avviene tramite appositi attrezzi chiamati **utensili**, che possono essere a **tagliente singolo** o *monotaglienti* o a **tagliente multiplo**.

I tipi di utensile di più comune impiego nelle macchine per asportazione di truciolo sono:

- **punta elicoidale** per il trapano,
- **utensile monotagliente** per il tornio,
- **fresa** per la fresatrice,
- **mola** per la rettificatrice,
- **utensile per limare** per la limatrice,
- **utensile per piallare** per la piallatrice.

Durante il loro impiego, gli utensili sono sottoposti a varie sollecitazioni, che possono anche essere di notevole intensità: di conseguenza devono essere costruiti con materiale dotato di elevata durezza alle alte temperature e di elevata resistenza meccanica. I materiali più utilizzati nella costruzione del tagliente degli utensili sono gli *acciai super rapidi*, i *carburi metallici sinterizzati* (*Widia*), la *ceramica rinforzata*.

Le prestazioni dell'utensile durante le lavorazioni variano notevolmente a seconda del materiale con il quale è realizzato.

PER SAPERNE DI PIÙ

I carburi metallici sinterizzati (o metalli duri)

Nei primi decenni del secolo scorso, le industrie siderurgiche misero a punto tecniche per produrre materiali estremamente duri attraverso un particolare processo (*sinterizzazione*) che consentiva di mescolare un metallo, chiamato matrice, con particelle di carburi durissimi e molto fini.

Il più noto di questi metalli, comunemente noti come **metalli duri**, è il **Widia**, prodotto dall'industria tedesca Krupp.

I metalli duri sono utilizzati soprattutto per la produzione dei taglienti di utensili adatti per le lavorazioni che richiedono materiali di grande durezza, come quelle per asportazione del truciolo, perché consentono maggiori velocità di lavorazione e resistono a temperature più alte degli stessi acciai rapidi, rispetto ai quali hanno, però, minor tenacità.

2 Lavorazioni con macchine utensili

2.2 Moti relativi

Per ogni lavorazione effettuata con macchine utensili, l'*utensile* e il *pezzo* devono compiere dei movimenti che consentono l'asportazione del truciolo secondo spessori e superfici variabili. Questi movimenti sono distinti in *moti principali* e *moti secondari*.

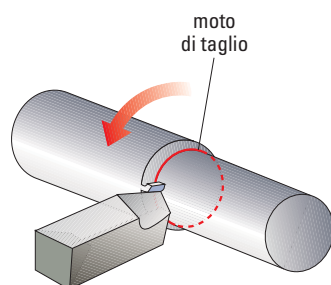
Moti principali

I **moti principali** si distinguono in: *moto di taglio* (L), *moto di avanzamento* (A) e *moto di lavoro* (P).

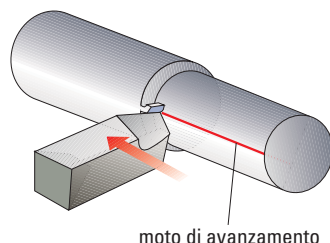
Moto di taglio (L): è quello attraverso il quale l'utensile, opportunamente montato, effettua una singola asportazione di truciolo [fig. 1]. Ha lo scopo di creare la necessaria velocità relativa fra pezzo e utensile, e può essere rotatorio o rettilineo.

Moto di avanzamento (A): è quello che, aggiunto al moto di taglio, favorisce la formazione dei trucioli e ne rende possibile l'asportazione in maniera ripetuta e continua [fig. 2]. Può essere continuo o intermittente.

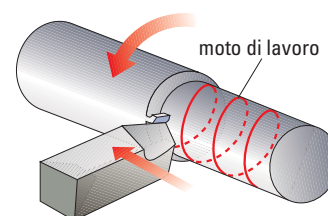
Moto di lavoro (P): è quello che risulta dalla composizione simultanea del moto di taglio e di quello di avanzamento [fig. 3].



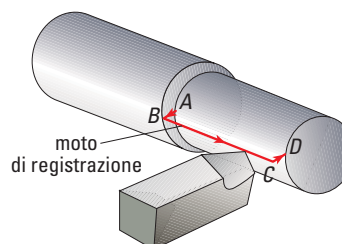
1 Esempio di moto di taglio, nel quale l'utensile descrive una circonferenza sul pezzo posto in rotazione.



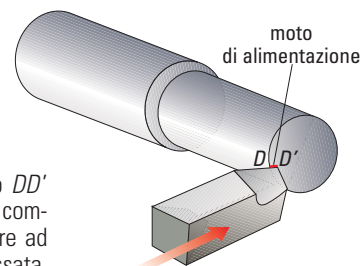
2 Esempio di moto di avanzamento. Il tagliente, durante la rotazione del pezzo, viene traslato in modo da ottenere il distacco del truciolo.



3 Esempio di moto di lavoro. Nella lavorazione rappresentata in figura la composizione dei moti di taglio e di avanzamento dà origine a una traiettoria elicoidale tracciata dall'utensile sulla circonferenza del pezzo.



4 Esempio di moto di registrazione. Il percorso $ABCD$ rappresenta il movimento che l'utensile deve fare per ricollocarsi al punto di inizio lavoro (D).



5 Esempio di moto di alimentazione. Il percorso DD' rappresenta il movimento che l'utensile deve compiere tra una passata e l'altra per ricominciare ad asportare materiale. DD' è la profondità di passata.

Moti secondari

I **moti secondari** possono essere *di registrazione* e *di alimentazione*.

Moto di registrazione: è quello che determina la posizione dell'utensile rispetto al pezzo posto in lavorazione prima che inizi il lavoro o alla ripresa di questo dopo una **passata** [fig. 4].

Moto di alimentazione: è quello che regola la posizione del pezzo o dell'utensile determinando la profondità con cui l'utensile penetra nel pezzo (*profondità di passata* o *profondità di taglio*) [fig. 5].

Passata

Passaggio in una direzione dell'utensile sulla superficie del pezzo da lavorare. La passata identifica la velocità di lavoro e la quantità di materiale da asportare.

2 Lavorazioni con macchine utensili

2.3 Velocità di taglio

La **velocità di taglio** (V_t), intesa come velocità relativa tra l'utensile e il pezzo in lavorazione nel punto in cui avviene l'asportazione di truciolo, è un dato di importanza fondamentale, da tener sempre presente nelle lavorazioni alle macchine utensili. Una corretta scelta della velocità di taglio, ricavata da apposite tabelle, non solo assicura la buona esecuzione del lavoro e la riduzione dei tempi, ma soprattutto evita il rapido deterioramento dell'utensile.

La scelta della velocità di taglio è influenzata da:

- tipo di materiale da lavorare;
- tipo di materiale dell'utensile;
- sezione del truciolo che si vuole asportare;
- presenza di liquido lubrificante;
- diametro del pezzo da lavorare;
- tipo di lavorazione.

L'unità di misura della velocità di taglio è espressa in *metri al minuto* (m/min).

Di seguito sono riportati, a titolo di esempio, stralci di due tabelle che permettono di scegliere la V_t appropriata. Ogni ta-

bella si riferisce a una determinata lavorazione a secco o lubrificata e a uno specifico materiale posto in lavorazione.

Nella tabella 1 sono riportate le velocità di taglio V_t per utensili da tornio per lavorazione sia a secco sia lubrificate per acciai; nella prima colonna sono rappresentate le profondità di taglio (moto di alimentazione **2.2**), mentre nella seconda colonna sono riportati i valori di avanzamento scelti in funzione del diametro del pezzo e del tipo di lavorazione tabulati in apposite tabelle non riportate; R_m è il carico di rottura a trazione dell'acciaio.

Nella tabella 2 sono riportate le velocità di taglio V_t per utensili da tornio per lavorazione a secco di ghise non legate.

Ad esempio, per lavorare a secco un acciaio avente un carico di rottura a trazione $R_m = 450 \div 550$ N/mm², con un utensile in acciaio super rapido, adottando una profondità di taglio di 1,6 mm e un avanzamento di 0,4 mm/giro, la velocità di taglio da mantenere sarà pari a 76 m/min [tab. 1]. Se si mantengono invece invariati i parametri di lavoro, per tornire una ghisa non legata di durezza 120 ÷ 140 HBS la velocità di taglio sarà pari a 60 m/min [tab. 2].

Tabella 1 • Velocità di taglio raccomandate per utensili da tornio

Velocità di taglio per lavorazioni dell'acciaio, con utensili in acciaio super rapido (lubrificati) e in carburi (a secco)

Profondità di taglio (mm)	Avanzamento (mm/giro)	Velocità di taglio in m/min					
		$R_m = 450 \div 550$ N/mm ²		$R_m = 550 \div 750$ N/mm ²		$R_m = 750 \div 1100$ N/mm ²	
		Acciaio super rapido	Carburi	Acciaio super rapido	Carburi	Acciaio super rapido	Carburi
0,8	0,2	122	305	73	200	37	137
	0,4	92	230	55	152	27	107
1,6	0,2	99	244	60	183	30	122
	0,4	76	183	46	137	23	91
	0,8	53	137	32	99	17	68
3,2	0,2	79	200	49	140	27	100
	0,4	60	152	34	107	18	76
	0,8	43	107	26	76	14	60
	1,6	30	76	20	60	11	46

Tabella 2 • Velocità di taglio raccomandate per utensili da tornio

Velocità di taglio per lavorazioni a secco di ghise non legate

Profondità di taglio (mm)	Avanzamento (mm/giro)	Velocità di taglio in m/min					
		Durezza = 120 ÷ 140 HBS		Durezza = 160 ÷ 220 HBS		Durezza = 220 ÷ 360 HBS	
		Acciaio super rapido	Carburi	Acciaio super rapido	Carburi	Acciaio super rapido	Carburi
0,8	0,2	92	160	49	122	30	98
	0,4	68	122	36	92	23	76
	0,8	58	107	30	76	18	64
1,6	0,2	80	146	43	110	28	91
	0,4	60	110	32	82	20	68
	0,8	50	98	26	67	15	53
3,2	0,2	70	137	36	92	21	76
	0,4	53	104	27	70	17	58
	0,8	43	85	23	58	14	49
	1,6	32	64	17	43	11	38

2 Lavorazioni con macchine utensili

2.4 Il trapano

Il **trapano** [fig. 1] è una macchina che, mediante appositi utensili detti **punte elicoidali**, consente di eseguire operazioni di **foratura** [2.5], **alesatura** [1.7] e **maschiatura** [1.6].

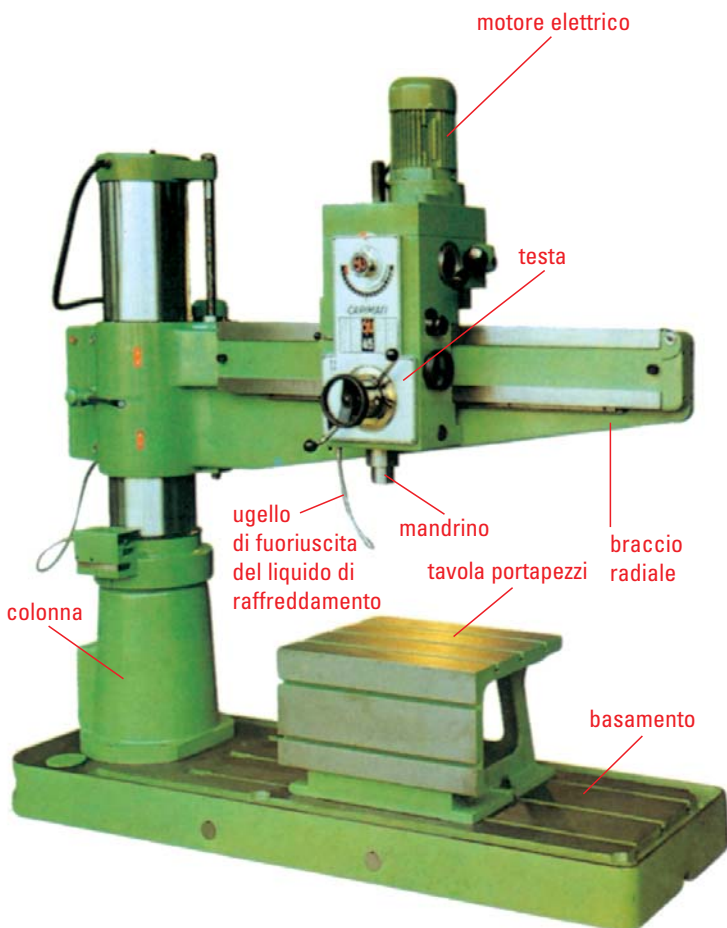
Tipi di trapano

I trapani si possono distinguere in *trapani portatili, fissi, a uno o più mandrini, in linea*, che a loro volta possono essere *verticali* (sensitivi, a colonna, multipli), *orizzontali* (alesatrici ecc.), *radiali* e *universali*.

Il tipo di trapano più diffuso nelle officine meccaniche è quello verticale, nel quale la rotazione del **mandrino portapunte** è comandata da un motore elettrico per mezzo di un cambio o di un variatore di velocità che consente di ottenere facilmente la velocità periferica della punta più adatta alle caratteristiche meccaniche del materiale da lavorare.

L'avanzamento del mandrino può essere automatico e graduale oppure manuale.

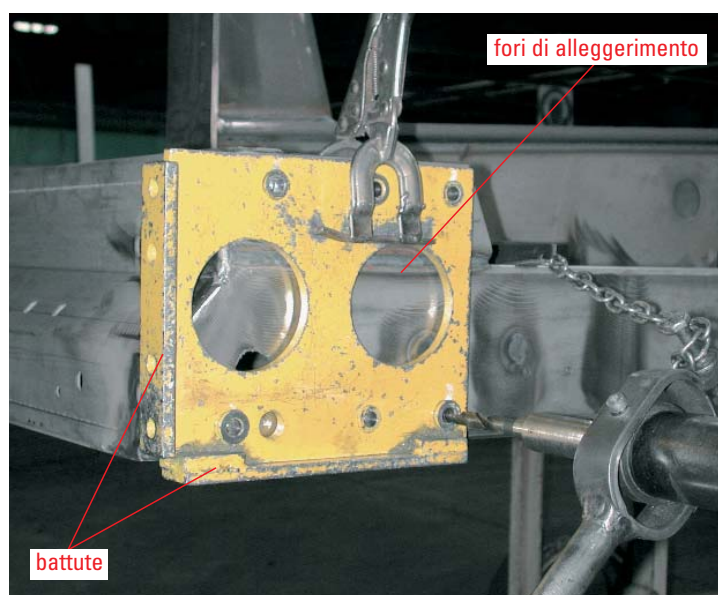
La **tavola portapezzi** [fig. 1] in genere è mobile secondo tre assi.



1 Trapano verticale e suoi componenti fondamentali.

Maschere di foratura

Generalmente il trapano è utilizzato per eseguire fori a sezione circolare, ma può essere opportunamente attrezzato per eseguire fori di diversa sezione. Nel caso di forature manuali, spesso si adottano particolari **maschere di foratura** [fig. 2]. Si tratta di dispositivi studiati per facilitare l'individuazione del punto di foratura, che servono principalmente a guidare le punte elicoidali, gli alesatori e altri utensili del trapano, eliminando la necessità della tracciatura e del posizionamento del pezzo sul tavolo da lavoro.



2 Maschera di foratura: si noti che, per garantire una perfetta e stabile adesione al pezzo da forare, la maschera è tenuta ferma da una pinza e per evitare possibili rotazioni la stessa maschera è dotata di battute su due dei lati, che appoggiano direttamente sul particolare da forare. I due fori centrali sono semplici fori di alleggerimento, mentre i sette fori di dimensioni ridotte fanno da guida alla punta del trapano.

PER SAPERNE DI PIÙ

Trapani automatici

Anche i trapani, come altre macchine utensili tradizionali, possono eseguire, ove opportunamente progettati, lavorazioni programmate; in tal caso i comandi relativi a diversi parametri quali, per esempio, velocità di rotazione e di avanzamento, sensi di rotazione e di avanzamento, sono impartiti da dispositivi oleodinamici o a controllo numerico elettronico.

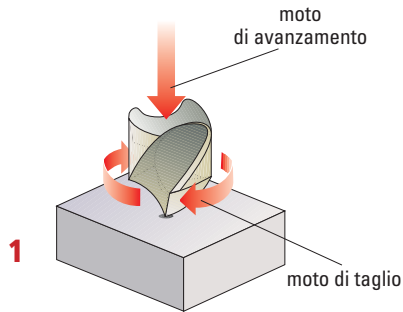
Mandrino

Componente delle macchine utensili destinato a trasmettere il moto rotatorio di taglio al pezzo in lavorazione o in alcuni casi all'utensile.

2 Lavorazioni con macchine utensili

2.5 La foratura

Per **foratura** si intende la lavorazione consistente nell'esecuzione nei materiali di **fori** di vario diametro e profondità. I **fori** sono eseguiti tramite il moto rotatorio della punta elicoidale lungo il proprio asse (*moto di taglio*) e tramite la traslazione longitudinale dell'utensile lungo il medesimo asse (*moto di avanzamento*) [fig. 1].



La foratura è preceduta generalmente dalla **tracciatura** [1.2], che serve a individuare le posizioni degli assi dei fori da eseguire. Dopo la tracciatura il pezzo viene montato sulla macchina, predisposta con le velocità di taglio e di avanzamento più adatte alle caratteristiche del materiale e dell'utensile, in modo tale che l'asse del mandrino passi per il centro del foro. Se la foratura deve essere effettuata su più pezzi, la tracciatura viene sostituita da opportune maschere [2.4]. La foratura in serie, su molti pezzi, è effettuata con trapani attrezzati con **mandrini multipli**, dotati di dispositivi automatici di carico e di scarico di pezzi.

Utensili per la foratura

Gli utensili per la foratura sono le **punte elicoidali** [fig. 2], generalmente di acciaio rapido o super rapido, più raramente di



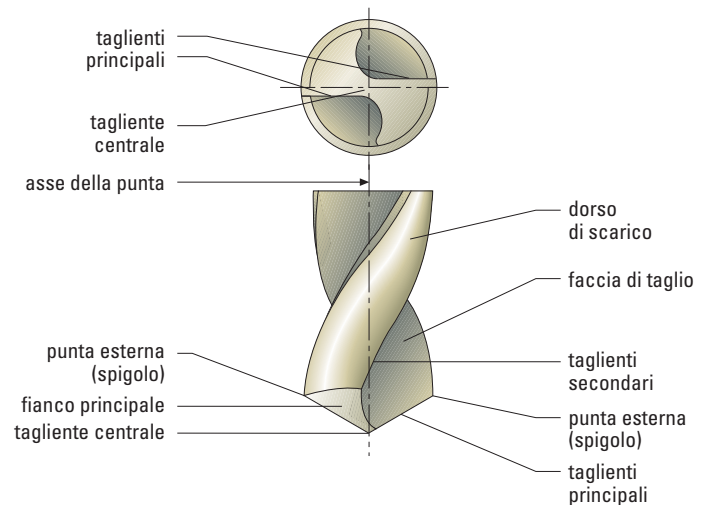
2 Punte elicoidali per effettuare fori di vario diametro.

carburi metallici sinterizzati [2.1]; esse sono costituite da un *corpo tagliente*, comprendente una punta opportunamente angolata e due coltelli ad andamento elicoidale, e da un *codolo* di attacco cilindrico o conico per il fissaggio al mandrino.

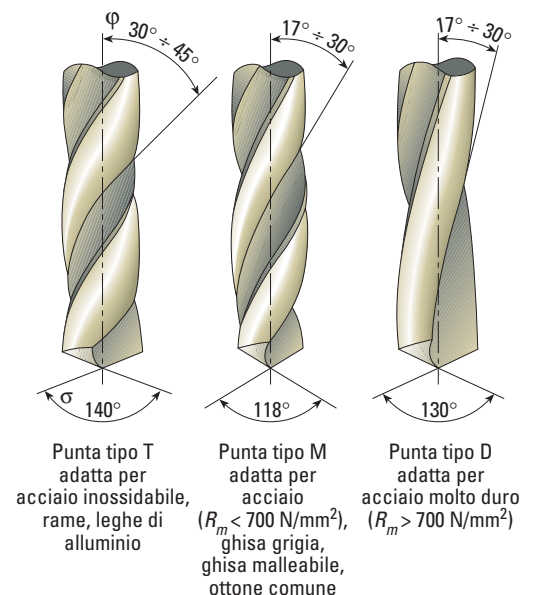
L'efficacia dell'azione perforante delle punte elicoidali dipende, oltre che dalla qualità del materiale con il quale sono costruite, dall'angolazione della punta (angolo σ) e dall'inclinazione dei *coltelli* ad andamento elicoidale che costituiscono il corpo tagliente (angolo φ) [fig. 3].

A seconda di queste caratteristiche (angolazione della punta e inclinazione dell'elica), le punte elicoidali possono essere di tre tipi [fig. 4]:

- tipo T, adatte per forare materiali teneri;
- tipo M, adatte per forare materiali normali;
- tipo D, adatte per forare materiali duri.



3 Parti componenti una punta elicoidale.

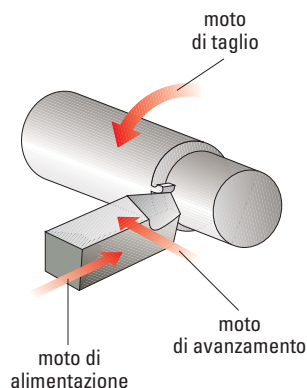


4 Angoli caratteristici delle punte da trapano.

2 Lavorazioni con macchine utensili

2.6 Il tornio

Il **tornio** è una delle più antiche macchine utensili. La sua caratteristica essenziale è quella di avere un moto di lavoro di rotazione intorno a un asse, che viene trasmesso generalmente al pezzo da lavorare, mentre il moto di alimentazione degli utensili è normalmente traslatorio e solo eccezionalmente rotatorio [fig. 1].



1 Moti di lavoro del tornio.

Tipi di torni

Secondo le caratteristiche costruttive si possono distinguere i seguenti torni:

- **tornio parallelo**, il più comune e diffuso nelle officine meccaniche;
- **tornio a torretta**, di largo uso per lavorazioni che comportano un certo grado di ripetibilità semiautomatica;
- **torni frontali e verticali**, per pezzi di grandi dimensioni;
- **tornio automatico**, per produzioni di serie;
- **tornio a copiare**, per pezzi di forma complessa;
- **tornio a controllo numerico**, in grado di eseguire automaticamente complessi programmi di lavoro e gestire più utensili sulla stessa torretta.

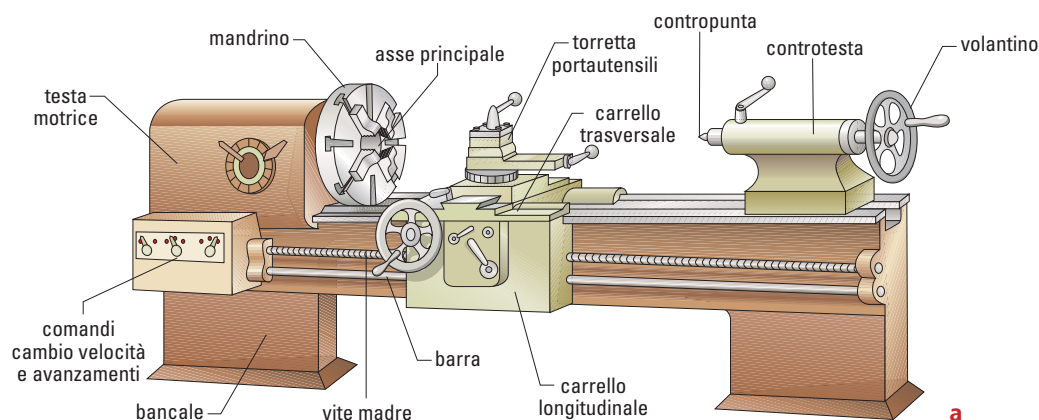
Il tornio parallelo

Il corpo principale del **tornio parallelo** [fig. 2] è costituito da un *bancale* sul quale è montata una *testa* contenente gli ingranaggi del *cambio*, che consente di variare la velocità di rotazione. Le leve di comando del cambio sono collocate sul fianco della testa, insieme alle leve della *frizione* e alle leve per regolare l'avanzamento automatico (*velocità di alimentazione*) dell'utensile lungo la superficie da lavorare. Sulla parte superiore del bancale vi sono due coppie di *guide*: in una scorre il *carrello principale*, nell'altra la *controtesta*. Il fissaggio finale del pezzo viene poi eseguito mediante la *contropunta* comandata a mano da un *volantino*.

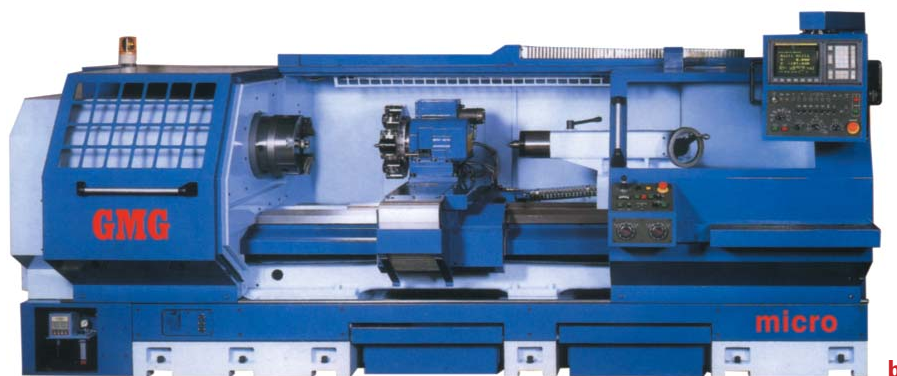
Il carrello principale sostiene un *carrello trasversale* e la *torretta portautensili*, sulla quale sono fissati i morsetti destinati a mantenere l'utensile in posizione di lavoro. Se il tornio deve eseguire una filettatura, il carrello principale è fatto avanzare dalla *vite madre*.

Il pezzo da lavorare è tenuto fermo su di una piattaforma autocentrante (*mandrino*) *calettata* sul motore, che trasmette il moto rotatorio al pezzo.

Per migliorare le prestazioni di lavoro, sul tornio è installato un serbatoio di raccolta, riciclaggio e rimessa in funzione del liquido refrigerante, utilizzato per raffreddare il pezzo e l'utensile.



2 Tornio parallelo con manovellismi di regolazione manuali (a) e con sistema di regolazione digitale a controllo numerico (b). In questi ultimi l'addetto interagisce con la macchina solo attraverso una tastiera e un display, poiché le regolazioni di tutti i parametri di lavorazione sono eseguite dal "controllo numerico"; inoltre, durante la lavorazione il tornio viene isolato dall'ambiente esterno con una griglia di protezione.



2 Lavorazioni con macchine utensili

2.7 Utensili per la tornitura

Utensili per la tornitura e loro scelta

Gli utensili per la tornitura sono del tipo **monotaglienti**, perché solo un tagliente, definito *principale*, penetra nel materiale e produce l'asportazione di truciolo [fig. 1].

La scelta della forma e della posizione dell'utensile da tornio variano a seconda della lavorazione che si deve eseguire, della direzione di avanzamento scelta (longitudinale o trasversale), del tipo di superficie da lavorare (cilindrica, esterna, interna ecc.).

Il materiale del tagliente deve avere ottime caratteristiche fisico-meccaniche e può essere di *acciaio al carbonio*, con grande durata di affilatura e adatto a lavorare con basse velocità di taglio, di *acciaio super rapido*, meno duro ma adatto a velocità di taglio molto superiori rispetto a quelli al carbonio, di *ceramica*, di elevatissima durezza, adatto ad asportare trucioli a elevate velocità, ma molto costoso.

Gli utensili da tornio sono classificati in base alle norme UNI di riferimento.

Nomenclatura dell'utensile da tornio

Le parti principali dell'utensile sono [fig. 2]:

- lo **stelo**, che collega l'utensile agli organi di fissaggio della macchina;
- il **petto**, superficie sulla quale scorre il truciolo;



1 Utensile da tornio.

- il **tagliente principale**, che si incunea tra il pezzo e il truciolo;
- il **fianco principale**, rivolto verso la superficie da lavorare;
- il **fianco secondario**, rivolto verso la parte già lavorata;
- il **tagliente secondario**, formato dal petto e dal fianco secondario.

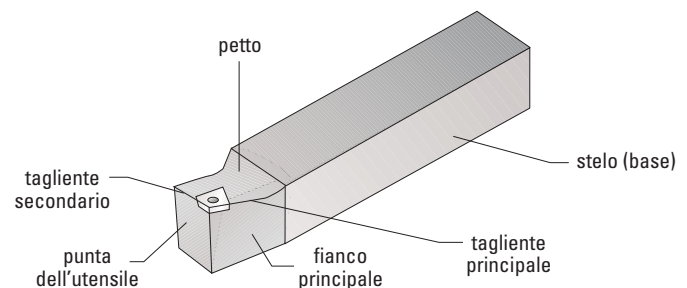
Angoli caratteristici dell'utensile da tornio

L'utensile è caratterizzato da tre angoli variabili per ampiezza [fig. 3]:

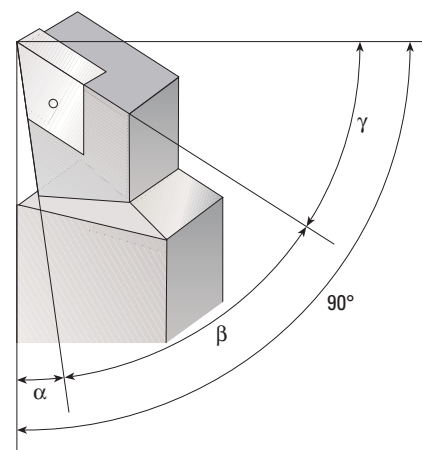
- β : *angolo di taglio*, che influenza la robustezza del tagliente dell'utensile;
- α : *angolo di spoglia inferiore*;
- γ : *angolo di spoglia superiore*.

Un ulteriore angolo λ è dato dal modo di lavorare ed è chiamato *angolo di inclinazione*.

L'ampiezza dei tre angoli principali β , α e γ varia, ma la loro somma è sempre uguale a 90° .



2 Elementi dell'utensile monotagliente per tornitura.



3 Angoli caratteristici dell'utensile.

2 Lavorazioni con macchine utensili

2.8 La tornitura

Si definisce **tornitura** la lavorazione per asportazione di truciolo mediante uno strumento [2.7], che permette di lavorare pezzi posti in rotazione uniforme attorno a un asse fisso imposto dal mandrino di una macchina denominata **tornio** [2.6].

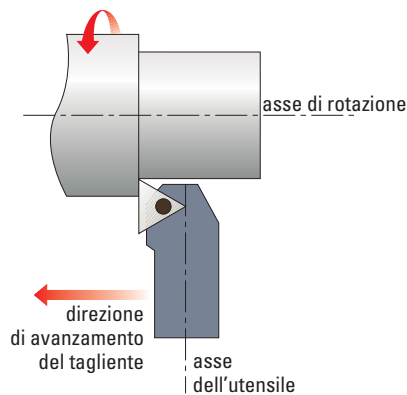
Le lavorazioni più frequenti eseguite con il tornio sono quelle di *sgrossatura* e di *finitura*.

Lavorazioni di tornitura

Con la tornitura si possono ottenere superfici cilindriche, coniche, sferiche, elicoidali e piane. Le varie operazioni di tornitura sono suddivise sia in funzione della superficie realizzata sia in funzione della direzione di avanzamento.

Secondo la **superficie realizzata** le operazioni di tornitura possono essere:

- *tornitura cilindrica esterna*: l'asse di tornitura è parallelo alla direzione di avanzamento del tagliente e ortogonale al corpo del tagliente [fig. 1];
- *tornitura cilindrica interna*: si possono eseguire lavorazioni analoghe a quelle della tornitura esterna, operando all'in-



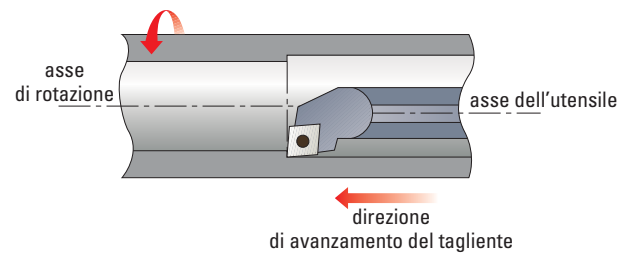
1 Tornitura cilindrica esterna.

terno di fori preesistenti nel pezzo o ottenuti per foratura [2.5]; in questo caso sia la direzione di avanzamento sia l'asse dell'utensile sono paralleli all'asse di rotazione [fig. 2];

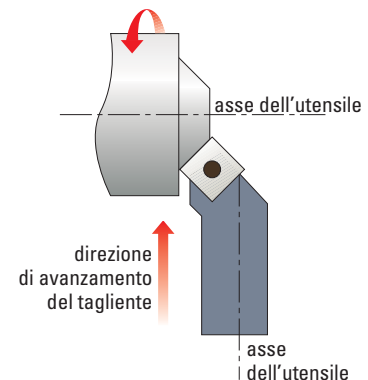
- *tornitura piana*: l'avanzamento è ortogonale all'asse di tornitura; in questo caso sia l'asse dell'utensile sia la direzione di avanzamento sono ortogonali all'asse di rotazione [fig. 3].

Secondo la **direzione di avanzamento** le operazioni di tornitura possono essere:

- *tornitura longitudinale* [figg. 1 e 2];
- *tornitura trasversale* [fig. 3].



2 Tornitura cilindrica interna.



3 Tornitura esterna piana.

PER SAPERNE DI PIÙ

Usura dell'utensile

Durante il lavoro, il tagliente dell'utensile subisce una serie di trasformazioni geometriche, indicate con il termine generico di **usura del tagliente**, che ne riducono la durata [fig. 4]. La causa può essere attribuita a diversi fenomeni: adesione, abrasione, diffusione, fatica meccanica, shock termici.

Il progredire dell'usura provoca la messa fuori uso del tagliente e rende necessario riaffilare l'utensile o sostituirlo.

Un particolare tipo di utensile è quello a *inserti*, realizzato in modo da permettere la sostituzione dei taglienti usurati.

4 Esempio di utensile usurato.

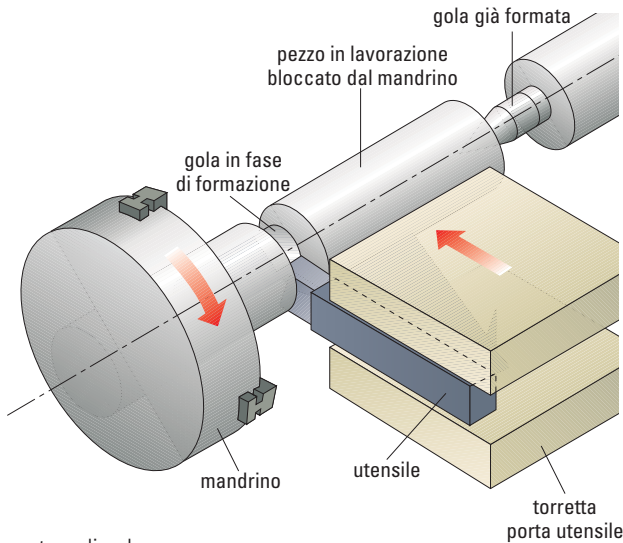


2 Lavorazioni con macchine utensili

2.9 Particolari lavorazioni di tornitura

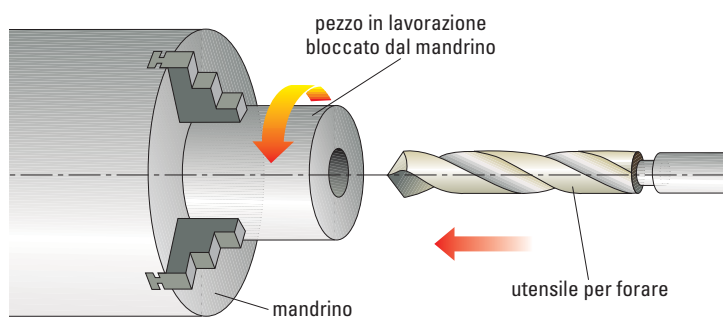
Oltre alle lavorazioni principali descritte nella pagina precedente, esistono altri tipi di lavorazioni al tornio, che consentono di conferire al pezzo forme o scanalature particolari. Esse sono:

- **formatura di gole (troncatura):** l'avanzamento dell'utensile nel corpo del pezzo è frontale [fig. 1];

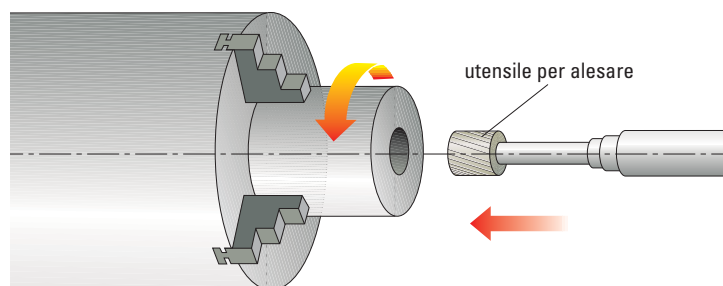


1 Formature di gole.

- **foratura e alesatura:** l'avanzamento dell'utensile è coincidente alla direzione dell'asse di tornitura; la foratura differisce dall'alesatura soltanto per il tipo di utensile impiegato [figg. 2 e 3];

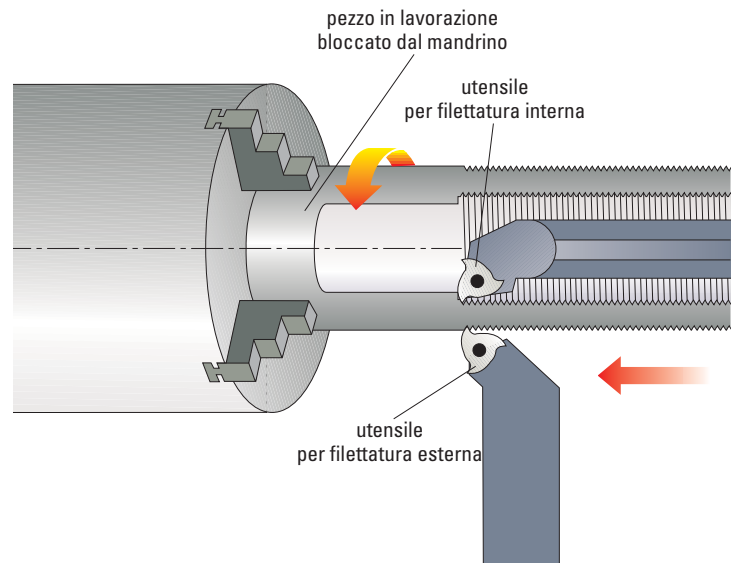


2 Foratura.



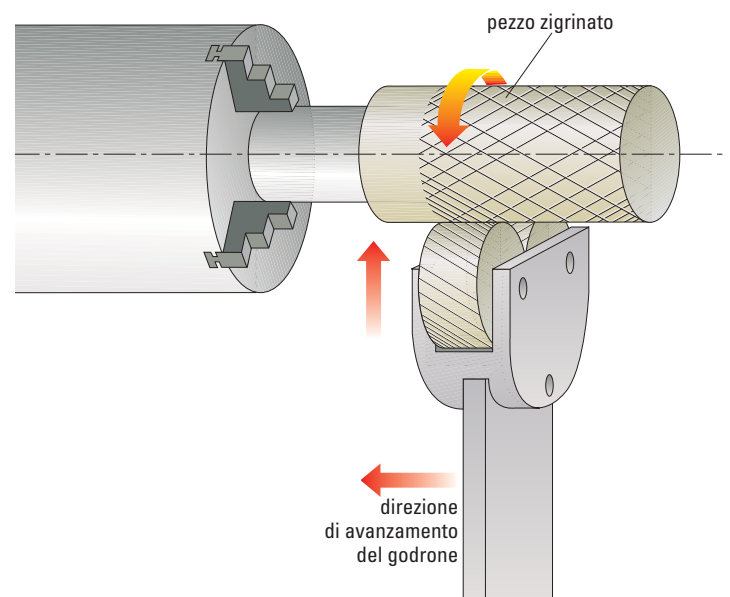
3 Alesatura.

- **filettatura esterna o interna:** si ottiene combinando il moto di taglio con l'avanzamento parallelo dell'asse di tornitura di utensili con profili tali da riprodurre dei filetti [fig. 4];



4 Filettatura esterna e interna.

- **zigrinatura o godronatura:** per tale operazione si impiegano utensili formati da due ruote zigrinate, dette *godroni*, messe a contatto con la superficie cilindrica e fatte avanzare in direzione parallela all'asse di tornitura [fig. 5].



5 Zigrinatura.

2 Lavorazioni con macchine utensili

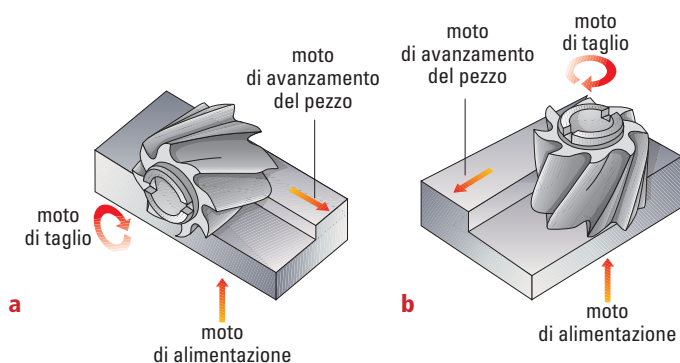
2.10 Le fresatrici

Le **fresatrici** [fig. 1] sono macchine utensili adatte per lavorazioni con asportazione di truciolo, caratterizzate dall'impiego di utensili rotanti a taglienti multipli, chiamati **frese**.

Sono adatte a lavorare superfici piane, cilindriche, coniche, elicoidali, scanalature e incavi.

Il *moto di lavoro* dell'utensile è sempre una rotazione intorno al proprio asse, mentre il pezzo ha un moto di traslazione o di rotazione combinato [fig. 2].

La maggior parte delle fresatrici è dotata di un solo mandrino, ma ne esistono anche a mandrino multiplo, chiamate **pluri-mandrino**. Quelle con un solo mandrino possono a loro volta essere dotate di speciali *alberi portafrese*, che consentono il contemporaneo lavoro di più frese impegnate su superfici diverse.



2 Moti di lavoro di una fresa orizzontale (a) e verticale (b).

Tipi di fresatrici

Le fresatrici possono essere *orizzontali*, *verticali*, *speciali*, *automatiche*, *universali*.

Fresatrici orizzontali

Sono così chiamate perché hanno l'asse del mandrino *orizzontale* e sono le più diffuse. La tavola porta pezzo, disposta sotto il mandrino, è dotata di moto di alimentazione trasversale e verticale.

In molte fresatrici orizzontali, tutti i moti sono comandati da un solo motore elettrico, attraverso un complesso sistema di trasmissione.

Fresatrici verticali

Hanno il mandrino disposto *verticalmente*. La tavola porta pezzo è dotata di moto di avanzamento e scorre su due serie di slitte perpendicolari. La testa che porta il mandrino è a sua volta scorrevole su guide verticali che le consentono i moti di avvicinamento.

Fresatrici speciali

Sono adatte per *lavorazioni particolari*, come la realizzazione di chiavi e chiavette, intagli, scanalature e cavità in genere. La testa porta fresa è montata su un carrello azionato da un sistema biella-manovella che consente lo spostamento longitudinale con moto rettilineo.



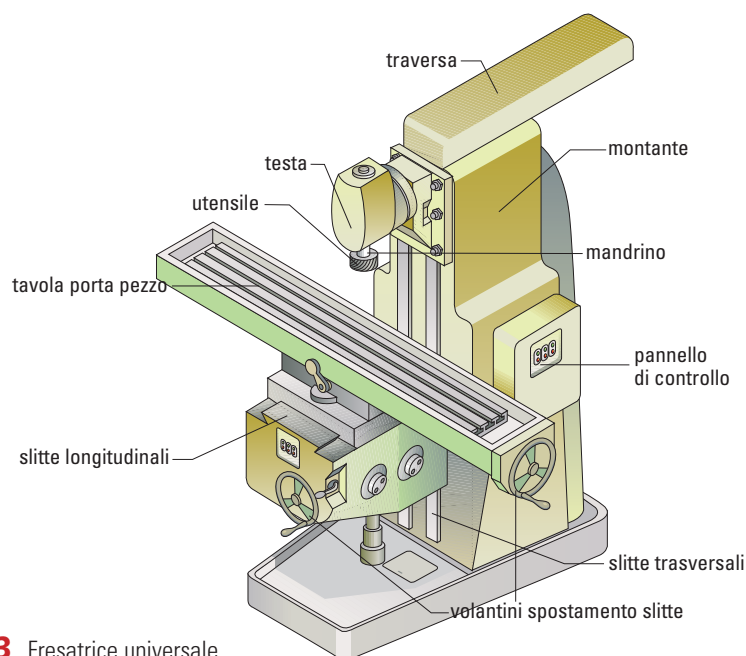
1 Fresatrice a banco fisso a controllo numerico.

Fresatrici universali

Si chiamano **fresatrici universali** [fig. 3] quelle che riuniscono le funzioni delle fresatrici orizzontali e di quelle verticali. Nelle fresatrici universali la tavola porta pezzo può anche ruotare.

Fresatrici automatiche a controllo numerico

Sono impiegate per la riproduzione di profili o superfici molto complesse. Le fresatrici automatiche sono munite di una *punta tastatrice* che si mantiene sempre aderente al modello (*frese a copiare*), guidando nei suoi movimenti l'utensile fresa.



3 Fresatrice universale.

2 Lavorazioni con macchine utensili

2.11 La fresatura

Si definisce **fresatura** l'operazione che consente il distacco del truciolo tramite un utensile rotante a facce taglienti multiple (**frese**) o singole (**coltello**) montato su apposite macchine chiamate **fresatrici**.

Contrariamente a quanto accade nell'alesatura e nella foratura, nell'operazione di fresatura la superficie di lavoro può non essere ortogonale all'asse dell'utensile, permettendo la lavorazione di superfici piane o sagomate [fig. 1].

Attraverso la fresatura, utilizzando tipi di fresatrici e metodi di lavoro diversi, è possibile eseguire scanalature, lavorazioni di superfici curve, fresatura di spallamenti retti, esecuzione di cave o semplici spianature [figg. 2 e 3].

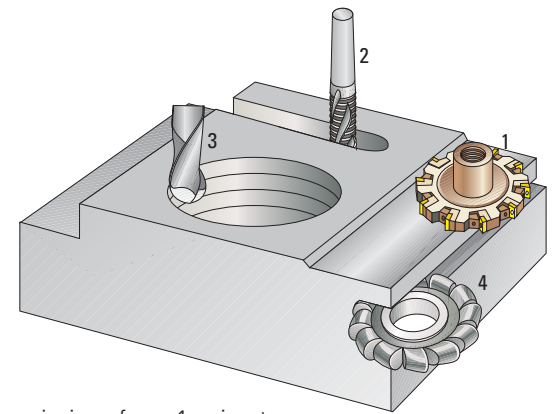
La fresatura consente di ottenere una buona finitura superficiale (il pezzo può essere poi ultimato con una sola passata) e di riprodurre i profili più svariati per un numero indefinito di volte.



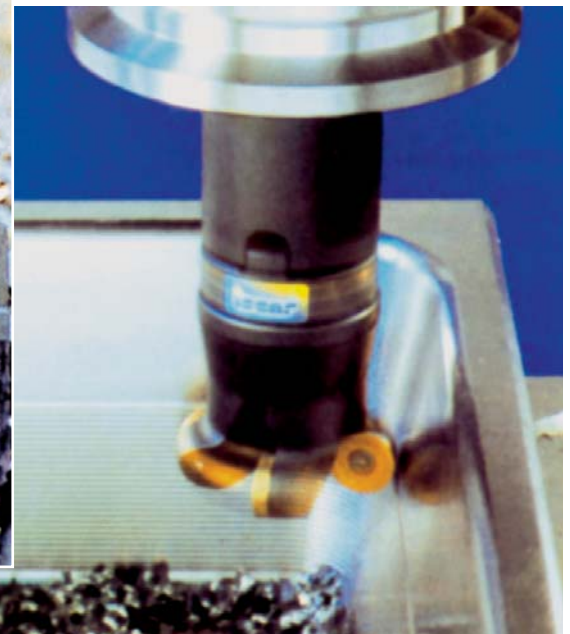
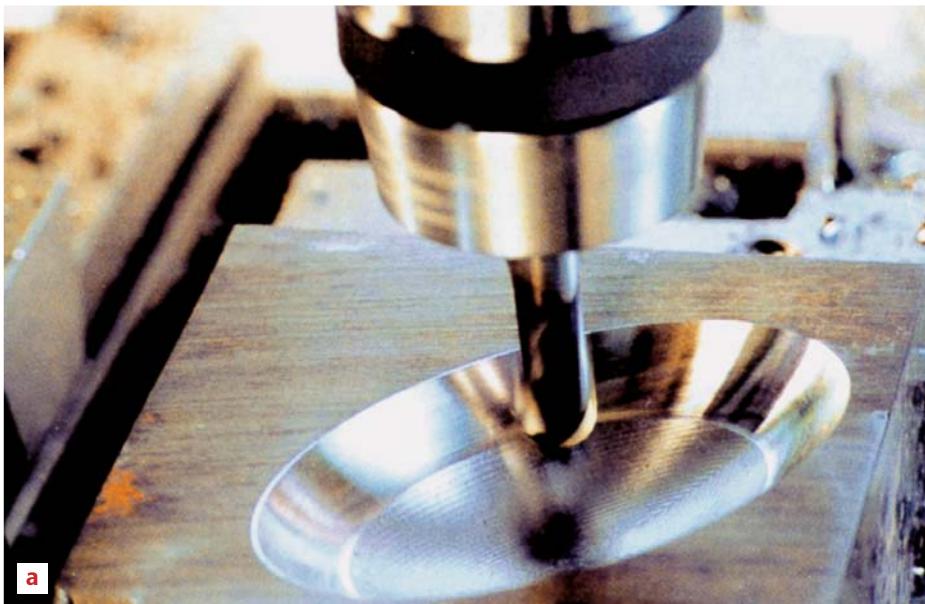
1 Fresatrice con ugelli per la fuoriuscita di acqua per raffreddamento. La macchina è impegnata nella lavorazione di un pezzo a superficie sagomata.

Caratteristiche dei trucioli prodotti

I *trucioli* che si producono durante la fresatura sono corti e di spessore variabile. La loro forma dipende dal rapporto tra la profondità di taglio e il diametro della fresa, nonché dal materiale lavorato. A parità di velocità di alimentazione per dente, il truciolo prodotto è tanto più lungo e sottile quanto più grande è il diametro delle frese: questo significa che lo *sforzo periferico* varia in maniera inversa al diametro.



2 Alcuni tipi di lavorazioni con frese: 1. spianatura di piani; 2.-3. formazione di cave; 4. scanalatura.



3 Esempio di fresatura di una cava. La particolare forma della fresa permette la creazione di superfici curve (un incavo troncoconico nel caso a e un bordo interno arrotondato nel caso b).

2 Lavorazioni con macchine utensili

2.12 Le frese

Le **frese** sono utensili dotati di moto rotatorio e forniti di taglienti multipli sagomati secondo una superficie piana o di rivoluzione intorno all'asse dell'utensile.

Sono relativamente costose e, poiché lavorano con grandi velocità di taglio e di avanzamento, il materiale di cui sono costituite deve garantire una buona durabilità. Esse sono normalmente costruite con acciai super rapidi di alta qualità oppure con acciai comuni ma con placchette dure (Widia **2.1**) riportate in corrispondenza dei taglienti **[figg. 1 e 2]**.



1 Fresa adatta a operazioni di contornatura.

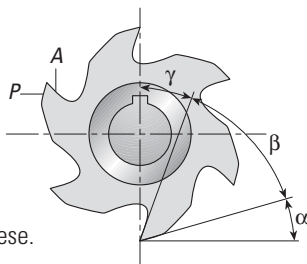


2 Vari tipi di frese a lame intercambiabili. Al centro, in giallo, è ingrandita una lama intercambiabile.

Forma geometrica dei taglienti

A seconda della disposizione dei taglienti, le frese sono in grado di effettuare diverse lavorazioni. Per ogni fresa, come per tutti gli utensili che lavorano per asportazione di truciolo, la forma geometrica dei taglienti è individuata dai tre angoli fondamentali formati dalle facce *A* e *P* che delimitano il tagliente **[fig. 3]**:

- angolo di spoglia inferiore α
- angolo di taglio β
- angolo di spoglia superiore γ



3 Angoli caratteristici delle frese.

Classificazione delle frese

Le frese vengono classificate in base alla forma dei loro denti.

1. Frese cilindriche a denti elicoidali **[fig. 4]**

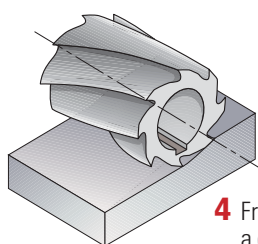
Queste frese presentano i taglienti disposti su una superficie cilindrica, il loro asse di rotazione risulta essere parallelo alla superficie lavorata e il loro principale utilizzo avviene per sgrossare e finire superfici piane con fresatrici orizzontali.

2. Frese cilindrico-frontali **[fig. 5]**

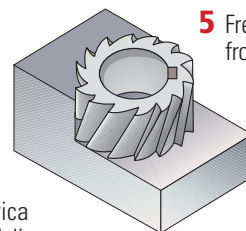
Tali frese sono provviste di denti periferici e frontali e sono adatte per fresare superfici piane e superfici perpendicolari tra loro di materiali duri e tenaci. I taglienti risultano disposti su superfici cilindrica e piana tra loro perpendicolari.

Le frese cilindrico-frontali sono inoltre suddivise in:

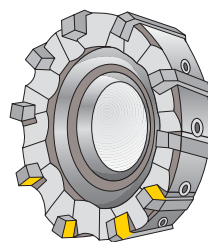
- frese a manicotto*, per lavorazioni di spianatura con asse di rotazione perpendicolare al piano in lavorazione o per lavorazione contemporanea di due superfici ortogonali **[fig. 6]**;
- fresa con denti riportati in carburo* (per alta produttività), che sono caratterizzate dalla possibilità di sostituire i taglienti una volta usurati **[fig. 7]**; questa prerogativa riguarda le frese di una certa dimensione, soggette a forte usura e di costo elevato;
- frese a codolo per l'esecuzione di cave* (linguette, gradini, contornature) a generatrice anche curvilinea, ma con avanzamento limitato **[fig. 8]**;
- frese a codolo per l'esecuzione di stampi*, con estremità emisferica per la lavorazione di superfici complesse **[fig. 9]**.



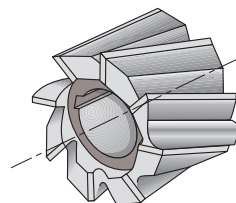
4 Fresa cilindrica a denti elicoidali.



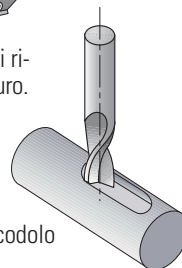
5 Fresa cilindrico-frontale.



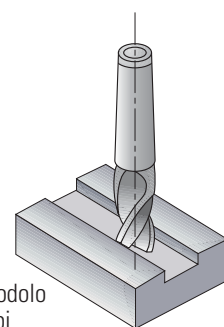
7 Fresa con denti riportati in carburo.



6 Fresa a manicotto.



8 Fresa a codolo per cave.



9 Fresa a codolo per stampi.

3. Frese a disco a tre tagli [fig. 10]

Le frese a disco a tre tagli, dette anche di alto rendimento, hanno i taglienti disposti su una superficie cilindrica e su due superfici piane perpendicolari all'asse della prima.

Possono essere a loro volta suddivise in frese a disco a tre tagli:

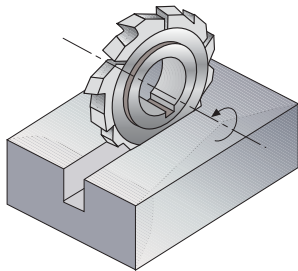
- a) a denti dritti [fig. 11];
- b) a denti elicoidali [fig. 12];
- c) a spessore intermedio [fig. 13].

4. Frese per scanalature a T [fig. 14]

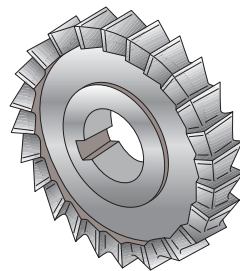
Queste frese presentano i taglienti disposti su una superficie cilindrica e su due superfici piane perpendicolari all'asse della prima; realizzano scanalature a T dopo aver formato una scanalatura rettangolare per il passaggio del codolo (cilindrico o conico).

A seconda della disposizione dei loro denti, le frese a T possono ancora essere:

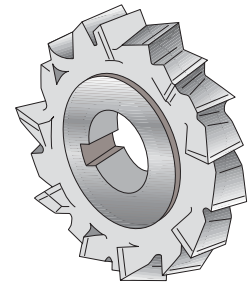
- a) a denti dritti;
- b) a denti elicoidali.



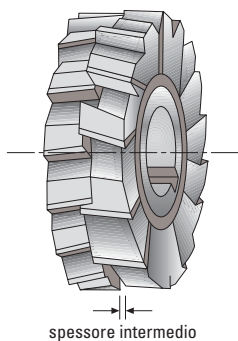
10 Fresa a disco a tre tagli.



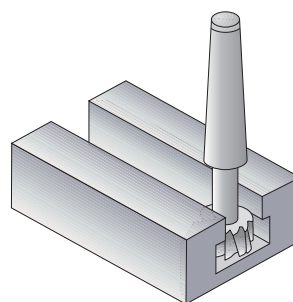
11 Fresa a denti dritti.



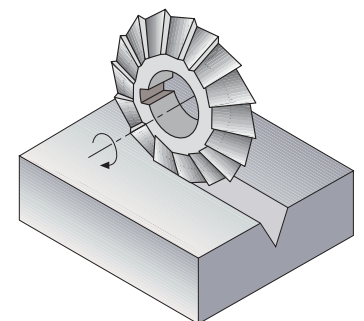
12 Fresa a denti elicoidali.



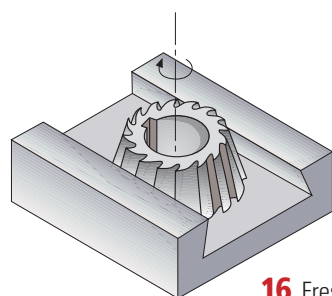
13 Fresa a spessore intermedio.



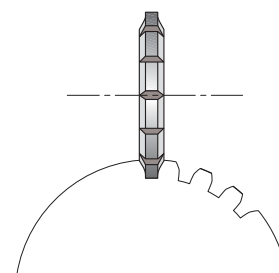
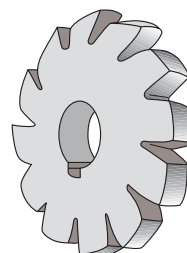
14 Fresa per scanalatura a T.



15 Fresa ad angolo biconica.



16 Fresa ad angolo piano-conica.



17 Fresa con profilo costante.

5. Frese ad angolo

Tali frese sono utilizzate soprattutto per la realizzazione di guide di scorrimento per macchine utensili; a seconda della disposizione dei loro denti e del loro profilo si suddividono in frese ad angolo:

- a) *biconiche*, con denti disposti su due superfici coniche simmetriche, usate per la realizzazione di scanalature a generatrice rettilinea [fig. 15];
- b) *piano-coniche*, con denti disposti su una superficie conica e una piana usate per realizzare, ad esempio, guide a coda di rondine [fig. 16].

6. Frese con profilo costante

Un tipo particolare di fresa, detto a *profilo costante*, presenta denti spogliati per scanalature. Queste frese vengono utilizzate per lavorazioni particolari, quali la realizzazione di ruote dentate a denti dritti o elicoidali (dette *frese modulari*) [fig. 17].

2 Lavorazioni con macchine utensili

2.13 La rettifica

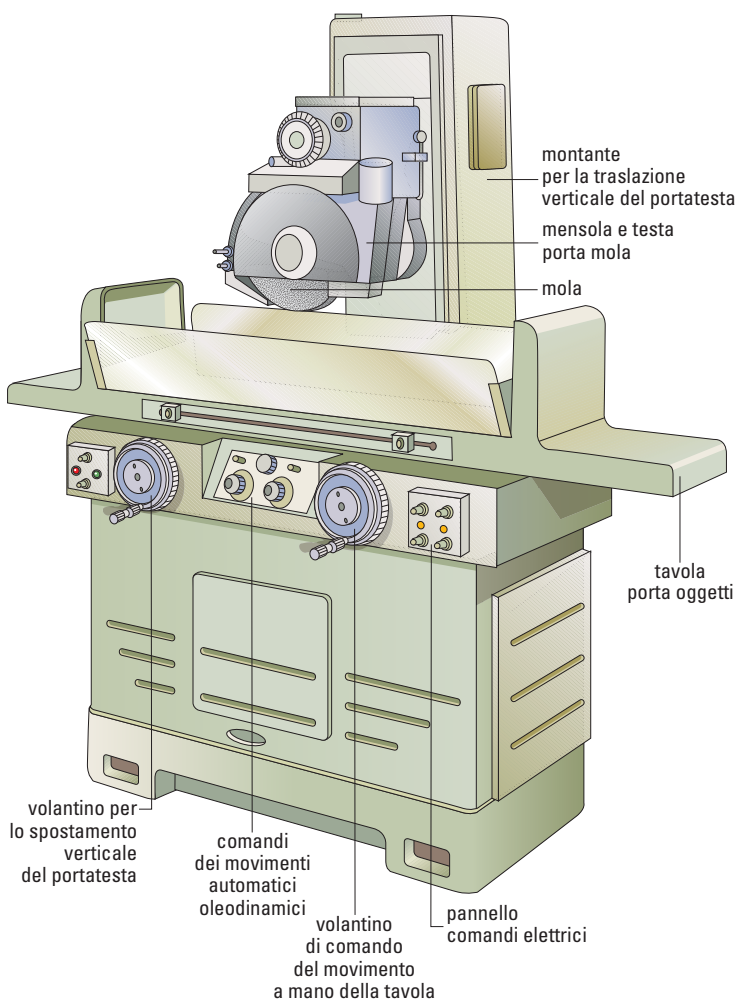
La **rettifica** è un'operazione che viene eseguita sulla superficie del pezzo per mezzo di utensili a taglienti multipli, che lavorano per asportazione di truciolo, denominati **mole**.

Scopi principali della rettifica sono quelli di eliminare le deformazioni dovute ai trattamenti termici, di ottenere superfici lavorate entro le tolleranze richieste, di conferire al prodotto una buona finitura superficiale. Disponendo di mole e di macchine adatte, dette **rettificatrici** [figg. 1 e 2], si possono ottenere pezzi lavorati con tolleranze contenute entro 10 μm , 5 μm e anche meno.

La rettifica è un'operazione simile alla fresatura, perché la mola non è altro che una fresa nella quale i taglienti sono stati sostituiti da grani abrasivi.

Anche con la rettifica si producono dei trucioli, che sono però molto più piccoli di quelli ottenuti con la fresatura e si possono vedere bene solo attraverso forti ingrandimenti; questi trucioli sono sempre mescolati a granuli abrasivi che si sono distaccati dal cemento della mola.

A seconda delle lavorazioni da eseguire e dei pezzi da lavorare, si distinguono vari tipi di rettificatrici: *in tondo per esterni*, *in tondo per interni*, *frontale per piani*, *verticale* e, la più diffusa, *tangenziale per piani* [fig. 1].



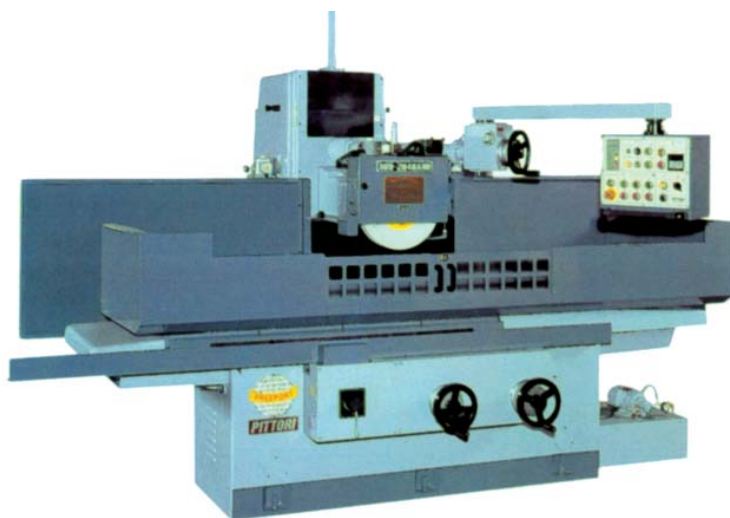
1 Elementi principali di una rettificatrice tangenziale.

Tipi di rettifica

La rettifica viene generalmente eseguita in due tempi, chiamati *sgrossatura* e *finitura*.

Lo scopo della **rettifica di sgrossatura** è quello di asportare la maggior parte del *sovrametallo* e di ridurre i difetti di forma, mentre quello della **rettifica di finitura** è di portare il pezzo alla dimensione desiderata e di ridurre al minimo la rugosità superficiale.

Secondo la forma delle superfici lavorate, la rettifica si distingue inoltre in *rettifica esterna* per superfici cilindriche o con sagomature esterne al pezzo, *rettifica per superfici interne* e *rettifica piana* (o di *sfacciatura*) per superfici piane.

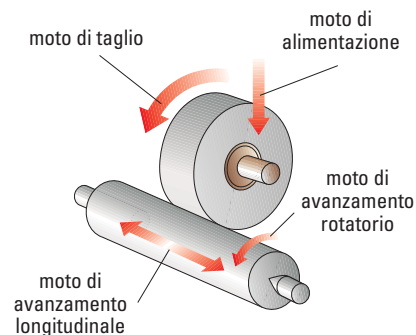


2 Rettificatrice tangenziale per piani a montante mobile.

Moti di rettifica

I moti di taglio, avanzamento e registrazione necessari durante la rettifica sono [fig. 3]:

- rotazione della mola intorno al proprio asse (moto di taglio);
- spostamenti della mola rispetto al pezzo, in direzioni normali al proprio asse (moto di alimentazione);
- spostamento della mola rispetto al pezzo, in direzione parallela al proprio asse (moto di avanzamento).



3 Moti di lavoro della rettifica.

2 Lavorazioni con macchine utensili

2.14 Le mole per la rettifica

Le **mole** sono utensili a taglienti multipli che lavorano per asportazione di truciolo ruotando intorno al proprio asse e avanzando nello stesso tempo sulla superficie del pezzo da molare [fig. 1].

I taglienti delle mole sono costituiti da granuli abrasivi tenuti insieme da sostanze conglomeranti.

La scelta della mola dipende da:

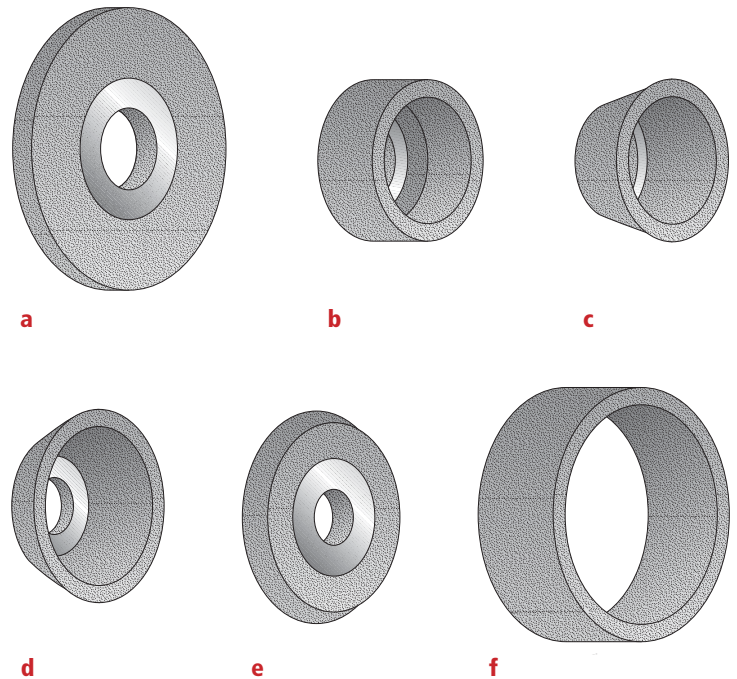
- *tipo di abrasivo*, che dipende dal materiale da molare;
- *dimensione della grana*, che determina la finitura desiderata;
- *durezza*: materiali duri richiedono mole relativamente tenere, mentre, viceversa, per materiali teneri si possono usare mole più dure;
- *tipo di agglomerante*.

La forma della mola dipende dalla lavorazione alla quale è destinata e dalla forma del pezzo in lavorazione. Le mole più usate sono [fig. 2]:

- *a disco*;
- *a tazza cilindrica*;
- *a tazza conica*;
- *a scodella*;
- *a bisello*;
- *ad anello*.



1 Mola di una rettificatrice in lavorazione su un pezzo.



2 Vari tipi di mole: a) a disco, b) a tazza cilindrica, c) a tazza conica, d) a scodella, e) a bisello, f) ad anello.



LAVORAZIONI AL TRAPANO, AL TORNIO, ALLA FRESATRICE E ALLA RETTIFICATRICE

Attenzione a: punture, tagli, abrasioni, cesoiamento, stritolamento, proiezione di schegge, folgorazione.

Norme generali

- Verificare il buon funzionamento delle parti elettriche e meccaniche e l'efficienza di adeguati dispositivi di sicurezza.
- Bloccare il pezzo da lavorare al mandrino o alle morse.
- Assicurare l'utensile allo specifico dispositivo.
- Non rimuovere o manomettere i dispositivi di protezione.
- Controllare e rimuovere il pezzo solo a macchina ferma.
- Sostituire l'utensile solo a macchina ferma.
- Svuotare la vasca di contenimento dei trucioli con l'apposito attrezzo.
- Eseguire le operazioni di revisione e pulizia solo a macchina scollegata.
- Segnalare tempestivamente malfunzionamenti.

Indossare sempre: guanti, calzature di sicurezza, indumenti protettivi (tuta), occhiali.

VERIFICA

1 Quali tra quelle elencate sono lavorazioni al banco?

- a) saldatura
- b) limatura
- c) tornitura
- d) verniciatura
- e) seghettatura
- f) tracciatura
- g) laminazione
- h) stampaggio

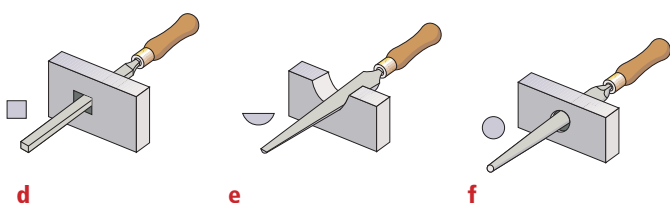
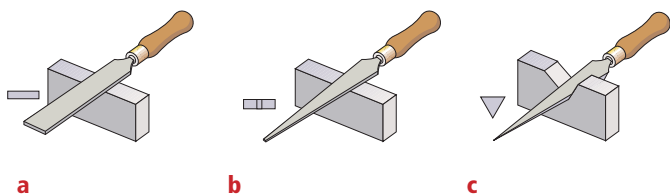
2 Elenca almeno quattro attrezzi utilizzati per le lavorazioni al banco.

3 La bulinatura precede la fase di tracciatura?

4 Che cos'è un truschino?

- A un imbroglio
- B un particolare piano di riscontro
- C una squadra
- D un tracciatore tridimensionale

5 Indica i tipi di lime rappresentati in figura.



6 È corretto muovere la lima con un movimento rettilineo alternato perpendicolare al pezzo?

7 Elenca alcuni tipi di utensili da taglio a un tagliente.

8 Metti in ordine decrescente secondo la precisione ottenibile le lavorazioni seguenti:

- a) trapanatura
- b) alesatura
- c) punzonatura

9 È conveniente invertire il senso di rotazione durante l'operazione di alesatura?

10 Che cosa si intende per "maschio finitore"?

- A una particolare punta da trapano
- B un utensile per alesare
- C un utensile per filettare
- D una particolare lima

11 Che cosa è la raschiatura?

- A la ripulitura delle superfici da incrostazioni e ossidazioni prima della limatura
- B un'operazione che consente di ottenere superfici con un alto grado di finizione
- C una particolare azione eseguita dopo la saldatura per asportare i residui di saldatura
- D una lavorazione particolare eseguita al tornio

12 Attraverso quali processi si ottiene l'asportazione di materiale sotto forma di truciolo?

13 Analizzando le tabelle della scheda 2.3, stabilisci la velocità di taglio per eseguire una tornitura a secco di un pezzo in acciaio, se $R_m = 560 \text{ N/mm}^2$, l'avanzamento è di $0,8 \text{ mm/giro}$, la profondità di taglio $3,2 \text{ mm}$.

14 Elenca le principali lavorazioni che si possono effettuare con il trapano.

15 Quali sono e come si classificano gli utensili per la foratura?

16 Indica con quale macchina va utilizzato ciascuno dei seguenti utensili:

- a) fresa
- b) punta elicoidale
- c) mola
- d) utensile per piallare
- e) utensile monotagliante

17 Quali sono le caratteristiche che deve possedere un utensile?

18 Elenca le principali parti di un utensile da tornio.

19 Elenca le principali operazioni di tornitura indicando i differenti moti.

20 Quali lavorazioni sono possibili con la fresatura?

21 Come e in base a quali criteri sono classificate le frese?