

# 7 Tecniche di fabbricazione

## 7.1 Classificazione dei processi di fabbricazione

I fattori economici determinano in modo ponderato la scelta e lo svolgimento dei processi di fabbricazione e le successive operazioni di lavorazione.

La fabbricazione comprende tutte quelle operazioni che, in funzione di un progetto, trasformano un pezzo dallo stato grezzo in un prodotto finito. Per ogni operazione, il pezzo passa dallo stato iniziale allo stato finale.

Attraverso diversi processi di fabbricazione, si può creare una coesione dei materiali necessaria alla produzione di un pezzo, si può diminuire o aumentare la coesione, si può cambiarne la forma o modificarne le proprietà della materia prima.

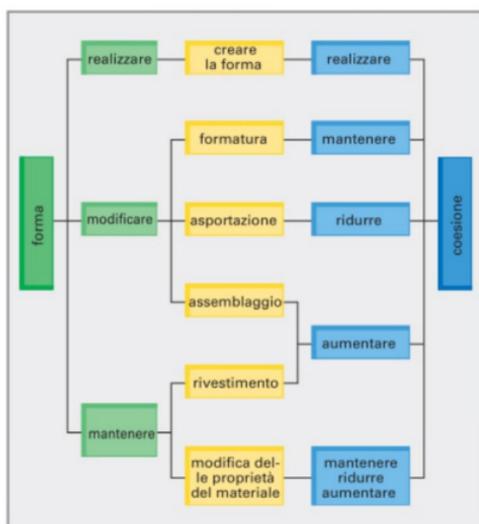


Figura 1: Principali gruppi dei processi di fabbricazione

### 7.1.1 Gruppi principali dei processi di fabbricazione

I processi di fabbricazione sono suddivisi in 6 gruppi principali (fig. 1).

Nei singoli processi di fabbricazione, la coesione (caratteristica di materia) e la forma dei pezzi possono essere create, modificate, mantenute, aumentate oppure ridotte.

- **Creare la coesione** significa che da materie senza forma definita, per esempio polvere e fluidi, vengono creati corpi solidi definiti geometricamente, per esempio mediante pressatura, sinterizzazione o fusione.
- **Mantenere la coesione** significa che un pezzo oppure un elemento già realizzato viene formato (trasformato) mediante un processo di lavorazione, per esempio mediante piegatura.
- **Ridurre la coesione** significa che un pezzo o una parte di esso viene diviso fisicamente, per esempio mediante segatura.
- **Aumentare la coesione** significa che dei pezzi oppure parti di pezzi vengono uniti (assemblati), per esempio mediante avvitatura o saldatura con apporto di materiale.

### 7.1.2 Classificazione dei gruppi principali

#### Creare la forma

È un procedimento di lavorazione che, partendo da una materia senza forma propria, crea un corpo con una forma definita (fig. 2). La creazione della forma può essere definitiva oppure transitoria, in vista di un ulteriore passaggio di lavorazione.

La coesione della materia è prodotta partendo da uno stato che può essere:

- fluido (liquido), per esempio mediante fusione (colata);
- pastoso o plastico, per esempio mediante estrusione, pressofusione;
- in polvere o granulare, per esempio mediante pressatura e riscaldamento nella sinterizzazione;
- di ionizzazione, mediante scomposizione elettrolitica, per esempio tramite processi galvanoplastici.

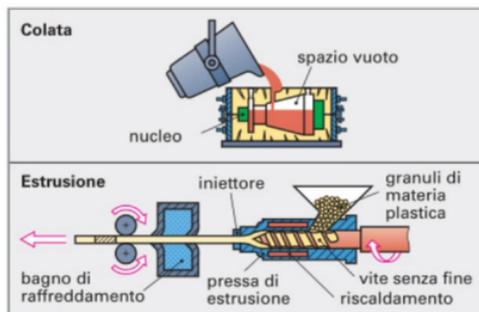


Figura 2: Creazione di una forma

### Formatura

La formatura è un processo di produzione durante il quale un corpo solido deformabile plasticamente riceve una forma nuova mediante l'azione di una forza esterna (fig. 1) e si suddivide nelle seguenti tipologie:

- formatura per pressione (laminazione, forgiatura a stampo);
- formatura per trazione e pressione (imbutitura, ricalcatura);
- formatura per trazione (appiattimento, allungamento, stiratura);
- formatura per piegatura (bordatura, piegatura sotto pressa);
- formatura per carico tangenziale (torsione, sverglamento).

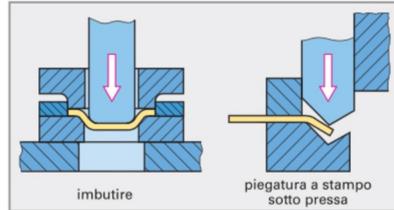


Figura 1: Formatura

### Asportazione

Con l'asportazione, la forma di un corpo solido è modificata (fig. 2) mentre la coesione della materia è localmente soppressa mediante:

- divisione (ritaglio a forbice/trancitura, strappo, troncatura);
- asportazione di truciolo (tornitura, smerigliatura, foratura);
- asportazione di materiale (taglio a fiamma, erosione);
- scomposizione (svitatura, rimozione alla pressa);
- pulitura (spazzolatura, lavaggio, sgrassatura).

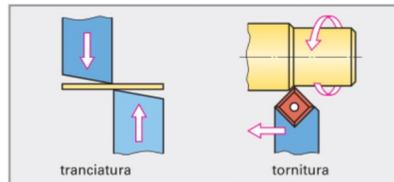


Figura 2: Asportazione

### Assemblaggio

Con l'assemblaggio, i pezzi sono uniti (fig. 3) mediante:

- composizione (sovrapposizione, aggancio);
- congiunzione forzata (avvitatura, incastro);

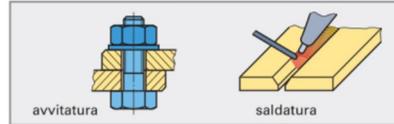


Figura 3: Assemblaggio

- saldatura (saldatura a protezione di gas);
- brasatura (dolce, forte);
- incollaggio (a freddo, a due componenti).

### Rivestimento

Con il rivestimento, una materia di forma indefinita è applicata su un corpo solido (fig. 4) partendo da:

- uno stato gassoso oppure pastoso (verniciatura a spruzzo, saldatura di riporto);
- uno stato solido oppure in polvere (verniciatura metallotermica);
- una scomposizione elettrolitica o chimica (galvanizzazione);
- uno stato solido oppure granulare (sinterizzazione a vortice).

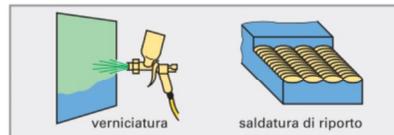


Figura 4: Rivestimento

### Modifica delle proprietà del materiale

Si possono cambiare le proprietà di corpi solidi (fig. 5) mediante:

- spostamento di particelle (tempra, ricottura);
- estrazione di particelle (decarburazione);
- apporto di particelle (cementazione, nitrurazione).



Figura 5: Modifica delle proprietà del materiale

### DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Citate i principali processi di fabbricazione.
- 2 Quali processi di fabbricazione modificano la forma di un pezzo?
- 3 Quali processi di fabbricazione creano una coesione della materia?
- 4 Citate alcuni processi di fabbricazione che modificano le proprietà di un materiale.

## 7.2 Messa in forma

La messa in forma consiste nel realizzare corpi solidi partendo da una materia di forma indefinita.

La coesione può essere ottenuta da una materia fluida/liquida, per esempio mediante fusione, oppure da una materia solida, per esempio mediante sintesi.

### 7.2.1 Fusione

Mediante il processo di fusione, un metallo allo stato liquido è colato in uno stampo. La colata riempie gli spazi vuoti dello stampo. Dopo la solidificazione, la forma originale del pezzo è realizzata.

Tabella 1: Procedimento di colata e di stampo

Colata per gravità a stampo perso	Colata in stampo permanente		
	a gravità	sotto pressione	a forza centrifuga
Modelli permanenti (legno, metallo) Modelli a perdere (cera)	Colata in conchiglia Colata continua	Presso-fusione	Colata centrifuga

### Colata in forma a perdere con modello permanente

Per la realizzazione di stampi a perdere (fig. 1) vengono utilizzati dei modelli. Il modello serve per configurare il contorno esterno del pezzo. Con stampo a perdere si intende uno stampo che, dopo la fusione, non è più utilizzabile. A causa del ritiro del metallo fuso a solidificazione avvenuta, il modello deve essere realizzato in una misura più grande (da 0,5% a 2%) rispetto al pezzo finito.

**Applicazione:** blocchi motore in ghisa EN-GJL-200, alberi a gomito in ghisa a grafite sferoidale EN-GJS-700-2.

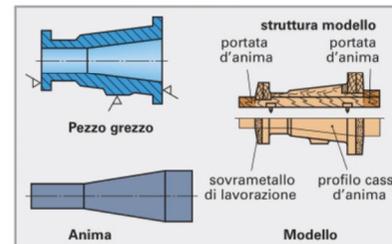


Figura 1: Modello anima

Per ottenere una parte cava, nello stampo viene inserita un'anima. Per la messa in opera del modello in due parti (fig. 2), la parte inferiore del modello e quella della cassa di contenimento (staffa inferiore) sono

riempite di sabbia, che viene ulteriormente pressata e compattata. La cassa inferiore è capovolta e la cassa superiore è sovrapposta. Nella cassa superiore (staffa superiore) sono poi posizionati i modelli per il getto di colata e per gli orifizi di sfiato (materozze), immessa e compattata la sabbia di riempimento. Di seguito si procede con il distacco della staffa superiore, alla rimozione del modello e di quelli accessori, al posizionamento dell'anima con la creazione delle relative portate. Con la ricomposizione delle due staffe di contenimento, viene a crearsi uno spazio vuoto corrispondente alla forma del pezzo di fusione. Gli sfiati, durante il riempimento dello stampo che si effettua dal relativo ingresso di colata, permettono all'aria di evacuare completamente. Attraverso le ampie sezioni degli sfiati, il metallo liquido può rifluire nel pezzo durante la solidificazione in modo da impedire la formazione di soffiature. Terminato il raffreddamento, lo stampo viene rotto e il pezzo può essere estratto.

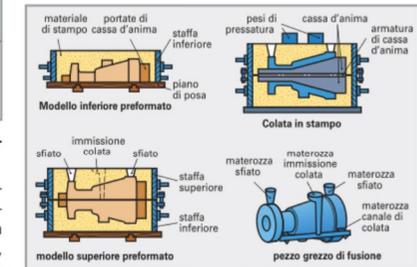


Figura 2: Processo di fusione

### Pressofusione

Con la pressofusione, un metallo in forma liquida o pastosa è pressato rapidamente sotto alta pressione in uno stampo in acciaio (conchiglia).

Metalli pesanti non ferrosi (per esempio, corpi farfallati in leghe di zinco) e leghe di metalli leggeri (per esempio, pistoni e cerchi ruota, strutture scatolate in leghe di alluminio o di magnesio) sono spesso realizzati mediante pressofusione (fig. 3).

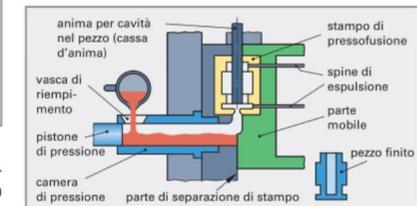


Figura 3: Pressofusione

**Vantaggi della pressofusione**

- Getti di fusione di grande precisione.
- Realizzazione di pezzi finiti dal momento che fori e filettature possono venire realizzati direttamente nella fusione. Rimane solo la rimozione delle bave e delle materozze.

**Colata di precisione (procedimento a cera persa)**

La colata di precisione è un procedimento di fusione con modelli a perdere (sfusi) in stampi interi (a pezzo unico) a perdere.

I modelli in cera o in una materia plastica a basso punto di fusione sono fabbricati con un modello a conchiglia; vengono in seguito assemblati sotto forma di "grappoli di modello" (fig. 1). Il "grappolo di modello" è immerso più volte in un bagno di ceramica, ricoperto di polvere di ceramica e poi fatto asciugare. Per aumentare la tenacità, lo stampo in ceramica è cotto ad una temperatura di circa 1000 °C. Durante la cottura, i modelli fondono e lasciano le cavità per colarvi il metallo.

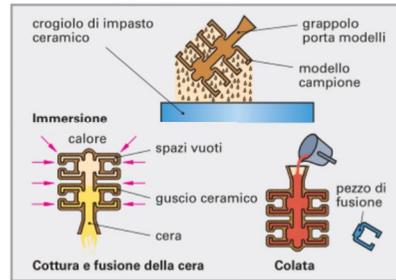


Figura 1: Colata di precisione

**Vantaggi della colata di precisione**

- Quasi tutti i materiali possono essere colati, compresi i metalli di difficile lavorazione.
- Indicata per i pezzi piccoli e con spessore delle pareti ridotte.
- Precisione molto alta e ottima finitura superficiale; pezzo senza sbavatura.
- È possibile colare elementi prefabbricati; la finitura è necessaria solamente per le superfici d'aggiustamento.
- È possibile produrre dei pezzi complessi.

**Colata centrifuga**

Il metallo fuso è colato in uno stampo (conchiglia) e messo in rapida rotazione. Tramite la forza centrifuga prodotta dalla rotazione, il metallo fuso è proiettato sulle pareti interne dello stampo, dove poi si solidifica raffreddandosi.

**Colata centrifuga orizzontale.** Serve per la produzione di pezzi cavi (camicie, segmenti di pistoni, tubi).

**Colata centrifuga verticale (fig. 2).** Serve per la realizzazione di parti piatte, come per esempio ingranaggi e pulegge.

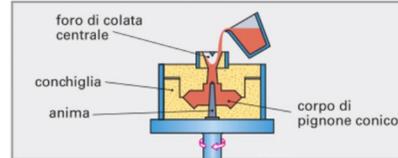


Figura 2: Colata centrifuga verticale

**Vantaggi della colata centrifuga**

- Struttura compatta dovuta alla forza centrifuga, di maggior resistenza rispetto a una colata per gravità.
- Struttura esente da soffiature, impurità e bolle d'aria che hanno una minore densità rispetto al materiale di colata.

**Colata in conchiglia**

Il metallo fuso viene colato per gravità in uno stampo metallico (conchiglia).

Rispetto alla colata in sabbia, con la fusione in conchiglia si ottiene una miglior qualità di finitura. Il raffreddamento della colata può essere condizionato in modo mirato, per esempio nella fusione di un albero a camme mediante l'inserimento di conchiglie sulle portate, si può raffreddare le relative posizioni in modo così rapido che le stesse sono temprate.

**Applicazione:** cerchi ruota e ingranaggi.

**7.2.2 Sinterizzazione**

La realizzazione di pezzi sinterizzati si ottiene trasformando un materiale sotto forma di polvere in un materiale solido, mediante un processo di pressatura e successiva sinterizzazione.

I materiali di base sono metalli ridotti in polvere, carburi metallici (contenenti carbonio), ossidi metallici oppure resine sintetiche.

Le caratteristiche dei pezzi sinterizzati sono definite dalla miscela delle singole componenti di polveri o di grani. Con la miscelazione di polveri (fig. 1, pag. 115), i materiali di base sono miscelati in una composizione prestabilita.

Mediante pressatura, le componenti di base sono compattate ad alta pressione (fino a 6000 bar). Le superfici di contatto delle singole particelle aumentano e, nel contempo, gli spazi porosi diventano più piccoli. Nei punti di contatto delle particelle di polvere si forma un indurimento per deformazione. Mediante adesione (forza di unione) delle particelle di polvere, il pezzo pressato ottiene la propria coesione.

La **sinterizzazione** è un trattamento termico che consiste nel riscaldamento dei pezzi ottenuti attraverso la pressatura. Questa operazione permette di migliorare la coesione delle particelle per diffusione e ricristallizzazione, migliorando così le proprietà meccaniche dei pezzi (fig. 1).

Durante la sinterizzazione, i pezzi stampati ottengono la loro solidità finale attraverso la cottura delle particelle di polveri metalliche sotto protezione gassosa o sotto atmosfera inerte. Si può assistere ad uno scambio di atomi chiamato diffusione. Si forma una ricristallizzazione (cristallizzazione) che modifica la struttura della lega. La temperatura di sinterizzazione è leggermente più bassa di quella di fusione della componente che ha il punto di fusione più basso. La sinterizzazione può anche essere effettuata durante la pressatura (pressatura a caldo). Determinati pezzi, che devono avere una massa specifica ed una solidità particolarmente elevate, possono essere sinterizzati nuovamente dopo la sinterizzazione iniziale (doppia compressione, sinterizzazione successiva).

**Calibratura (fig. 1)** (trattamento ulteriore). È fatta ad una pressione di circa 1000 bar dopo la sinterizzazione e permette di portare i pezzi alla giusta dimensione, di migliorare le qualità delle superfici e di aumentare la loro solidità.

**Tipi di materiali sinterizzati**

**Materiali sinterizzati porosi.** Sono utilizzati per i filtri e cuscinetti lisci autolubrificanti. I materiali di base sono delle leghe di ferro molto puro o delle leghe di ferro-rame-stagno. I cuscinetti lisci sinterizzati autolubrificanti sono immersi nell'olio bollente per impregnarli, fornendogli una riserva di lubrificante (fig. 3). Non necessitano di manutenzione, hanno delle buone qualità di scorrimento e buone proprietà di funzionamento in situazioni difficili.

**Applicazione:** per cuscinetti a boccola nei motorini d'avviamento o nelle pompe dell'acqua.

**Materiali sinterizzati ad alta porosità (Sint AF).** Sono utilizzati per la fabbricazione di filtri. Grazie alla loro debole massa specifica, il loro volume poroso può raggiungere il 27%.

**Applicazione:** filtri benzina e del gas.

**Materiali di attrito sinterizzati.** Sono generalmente composti da CuSn, Pb o grafite e di additivi minerali; resistenti all'usura, hanno una buona conduttività termica ed una buona resistenza alla temperatura.

**Applicazione:** guarnizioni di attrito di frizioni e freni (J 730).

**Materiali sinterizzati per pezzi di precisione.** Sono composti da polvere di ferro, ghisa oppure acciaio (ferro e acciaio sinterizzato) al quale può essere aggiunta polvere di acciai legati. Un trattamento termico è spesso effettuato per il ferro e per l'acciaio sinterizzato. Acciai sinterizzati a contenuto di carbonio possono essere temprati ed eventualmente ricotti.

**Applicazione:** pulegge per cinghie dentate (fig. 2), pistoni di ammortizzatori.



Figura 2: Puleggia

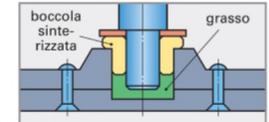


Figura 3: Cuscinetto liscio esente da manutenzione

**Metalli duri sinterizzati.** Sono dei materiali composti. Come materia di base si utilizzano soprattutto dei carburi di tungsteno, titanio e tantalio; come legante, si aggiunge cobalto dato il suo basso punto di fusione. I metalli duri sono generalmente fragibili, dunque sensibili agli shock. Restano trancianti fino ad una temperatura di lavorazione di 900 °C.

**Applicazione:** per utensili di taglio (placchetta in metallo duro), per pezzi d'usura.

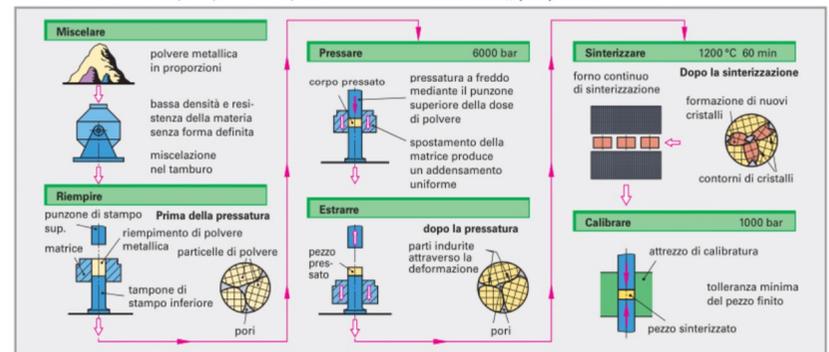


Figura 1: Processi di pressatura semplice, sinterizzazione e calibratura

**Materiali compositi ossido-ceramici.** Sono costituiti per lo più da corindone puro ( $Al_2O_3$ ), ossidi metallici ( $MgO$ ,  $ZrO_2$ ), carburi ( $TiC$ ) e materie leganti ceramiche.

**Applicazione:** le placchette reversibili permettono di lavorare materiali molto duri grazie alla loro durezza elevata e alla loro buona resistenza all'usura.

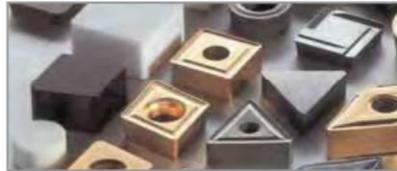


Figura 1: Placchette reversibili per utensili di tornitura in metallo duro e ceramica

**Materiali per magneti permanenti.** Realizzati tramite sinterizzazione a partire da ferro, alluminio, nickel e cobalto (ALNICO), sono utilizzati, per esempio, per magneti di motorini di avviamento.

**Materiali sinterizzati per forgiatura (fig. 2).** Con polveri di acciaio legato, si ottengono corpi sinterizzati preformati mediante forgiatura in stampi sotto pressa.

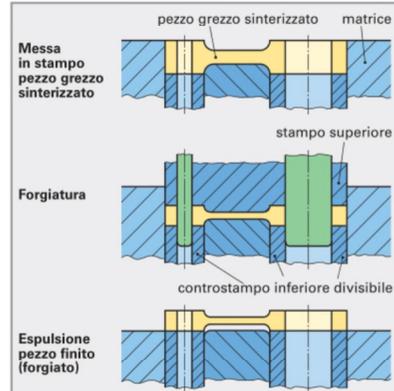


Figura 2: Forgiatura di una biella in materiale sinterizzato

#### Vantaggi dei pezzi sinterizzati

- Produzione di pezzi finiti con tolleranze ristrette pronti per il montaggio.
- Possibilità di legare materiali non legabili o difficilmente legabili.
- Caratteristiche variabili a seconda della relativa mescola di polveri.
- L'usura debole degli utensili di taglio permette di produrre una quantità importante di pezzi a costi ridotti.

#### DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Cosa si intende per fusione?
- 2 Quali vantaggi porta la fusione centrifuga?
- 3 Come vengono suddivisi i processi di fusione?
- 4 Come viene prodotto un pezzo sinterizzato?
- 5 Quali vantaggi porta la pressofusione?
- 6 Quali vantaggi portano i cuscinetti lisci sinterizzati?

### 7.3 Formatura

La formatura è un processo di produzione durante il quale un corpo solido deformabile plasticamente riceve una forma nuova mediante l'azione di una forza esterna.

La condizione di ogni formatura è la facoltà del materiale a lasciarsi deformare. L'azione di una forza esterna su un pezzo provoca una deformazione elastica, un aumento del carico provoca una deformazione plastica. La massa e la coesione della materia sono mantenute, mentre la forma viene modificata.

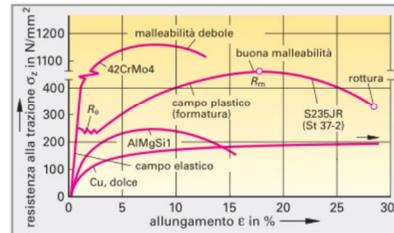


Figura 3: Campi di formatura nel diagramma resistenza-allungamento

La deformazione strutturale della materia si effettua nella piastra situata sopra il limite apparente d'elasticità  $R_e$  e sotto la resistenza massima alla trazione  $R_m$  (fig. 3). Quando un pezzo viene riscaldato per essere deformato, una nuova struttura cristallina, caratteristica di ogni materiale, si forma alla temperatura di trasformazione. Ciò permette di ridurre le tensioni interne del pezzo.

In questo modo, è possibile ridurre le tensioni interne del pezzo dopo la formatura.

**Formatura a caldo.** Avviene sopra il limite della temperatura di ricristallizzazione. Tramite la formazione di una nuova struttura cristallina, le tensioni interne del pezzo sono ridotte. All'aumento della temperatura, la resistenza diminuisce, allungamento e duttilità aumentano, mentre le forze necessarie alla deformazione diminuiscono.

**Formatura a freddo.** Ha luogo sotto la temperatura di trasformazione, non si ha dunque una modificazione della struttura cristallina. A freddo, le modificazioni, a volte considerevoli di un materiale, provo-

cano un aumento della resistenza e una diminuzione dell'allungamento (indurimento per deformazione). Il rischio di formazione di fenditure aumenta.

#### Vantaggi del pezzo dopo la formatura

- L'andamento delle fibre (fig. 1) non è alterato, per cui l'effetto cricca (intaccatura di frattura) rimane contenuto.
- La resistenza può essere aumentata di molto mediante la formatura a freddo.
- Lavorazione del pezzo a scarsa perdita di materiale, in quanto il pezzo grezzo è spesso conforme al pezzo finito, con conseguente scarsa produzione di materiale di scarto.
- Tempi di produzione più corti rispetto alla lavorazione per asportazione di truciolo.
- È possibile produrre dei pezzi di precisione pronti al montaggio con una buona qualità della superficie.

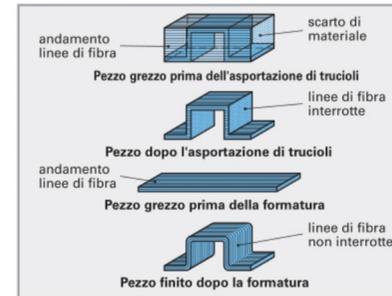


Figura 1: Andamento delle linee di forza

#### Classificazione dei processi di formatura

La classificazione può avvenire a seconda della:

- temperatura (formatura a freddo e a caldo);
- forma del pezzo (formatura massiccia o di lamiera);
- modalità del carico applicato (fig. 2) nel processo di formatura.

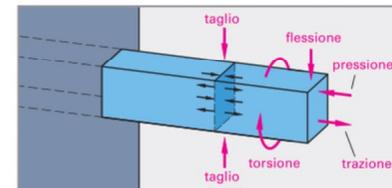


Figura 2: Carichi applicati sulla sezione del pezzo

A seconda del carico applicato sulla sezione del pezzo, si distinguono:

- deformazione plastica per flessione, per esempio piegare, orlare, nervare, profilare;
- deformazione plastica per trazione e compressione, per esempio imbutire, pressare, estrarre;

- deformazione plastica per trazione, per esempio stirare (fig. 3);
- deformazione plastica per torsione, i lati opposti del pezzo vengono attorcigliati l'uno attorno all'altro (fig. 4);
- formatura sotto pressione, per esempio forgiatura col martello, laminatura.
- formatura per compressione, per esempio forgiatura, laminazione.

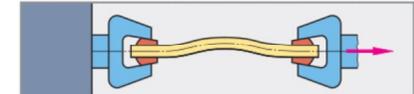


Figura 3: Deformazione plastica per trazione



Figura 4: Deformazione plastica per torsione

#### 7.3.1 Piegatura

La piegatura è la deformazione plastica di un corpo solido sottoposto a una forza di flessione.

##### Condizioni per la piegatura

- Il materiale di base deve essere sufficientemente duttile.
- Il campo elastico del materiale deve essere superato.
- Il limite di rottura del materiale non deve essere raggiunto.

La piegatura non implica alcuna modificazione importante della sezione del pezzo. La coesione della materia è preservata, solo una parte del pezzo viene deformata; tale zona è detta di piegatura.

**Piegatura.** Con la piegatura di un pezzo, le fibre esterne sono stirate (allungate per trazione), mentre le fibre interne subiscono un ricalcamento (contrazione per compressione). Tra le due si trova una fibra neutra, esente da tensioni, la cui lunghezza rimane invariata (fig. 5).

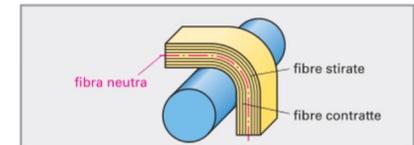


Figura 5: Andamento delle fibre nella piegatura

Le fibre che si trovano vicino alla fibra neutra subiscono una deformazione elastica, motivo per il quale nel pezzo si produce un lieve effetto di ritorno elastico.

co che deve essere opportunamente considerato nel processo di piegatura. Nella piegatura di lamierati, è necessario porre attenzione alla direzione di laminazione, al fine di evitare il rischio che si formino delle fenditure (incrinature, fig. 1).

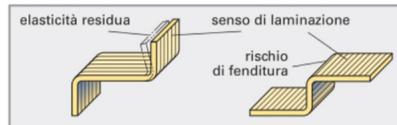


Figura 1: Senso di laminazione durante la piegatura

La forza di piegatura dipende da:

- duttilità e temperatura del materiale;
- raggio di piegatura;
- grandezza e forma della sezione di piegatura;
- orientamenti dell'asse di piegatura.

#### Procedimenti di piegatura

- Piegatura in stampo profondo sotto pressa.
- Piegatura orientabile (fig. 2) con piegatrice a leva.

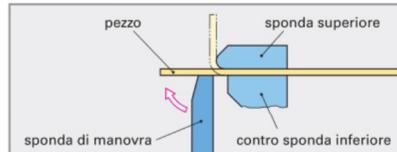


Figura 2: Piegatura orientabile con piegatrice a leva

- Piegatura a spigolo netto in morsa (fig. 3), produce raggi di piega minimi.
- Piegatura curvilinea, mediante rulli cilindrici, produce ampi raggi di curvatura.
- Bordatura, per realizzare un rialzo ad angolo di lamiera.
- Nervatura profilata, produce un rinforzo (irrigidimento) al lamierato.
- Profilatura, da nastri di lamiera si realizzano profili definiti.

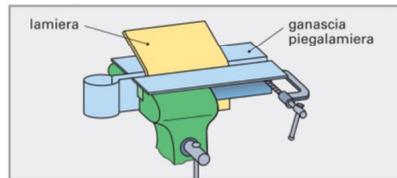


Figura 3: Piegatura a spigolo netto in morsa

#### Piegatura di tubi

Nella piegatura di tubi freno e tubazioni di piccolo diametro, le sottili sezioni del tubo sono, da una parte, allungate (per sollecitazione di trazione) e, dall'altra parte, riscaldate (per sollecitazione di compressione). In considerazione dei piccoli diametri di

sezione, ambedue le modalità di carico sono molto vicine, per cui l'importante modifica delle sezioni dei tubi può portare a uno schiacciamento a livello della curvatura. Per questo motivo, per la piegatura di tubi freno e di tubi di piccolo diametro, è necessario utilizzare specifici utensili e apparecchi piega-tubo (fig. 4). Il raggio di piega non deve essere inferiore a tre volte il diametro esterno del tubo. Per tubi saldati in lunghezza, la giunta di saldatura deve essere posizionata nella parte neutra che non è interessata (o, comunque, meno interessata) dalle sollecitazioni di piegatura. Tubi di maggior diametro possono essere riempiti con una molla a spirale oppure con sabbia, in modo da non provocare pieghe acute.

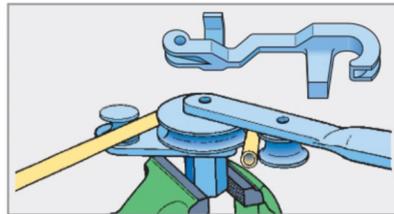


Figura 4: Utensile e apparecchio piega-tubi per tubi freno

### 7.3.2 Formatura per trazione-compressione

Nella formatura per trazione-compressione, i pezzi sono sottoposti contemporaneamente a forze (carichi) di trazione e di compressione.

Si distingue tra:

- imbutitura a stampaggio profondo sotto pressa (lamierati di carrozzeria);
- pressoformatura (formatura su un corpo rotante);
- trafilatura (tubi, profilati, fili).

#### Imbutitura

L'imbutitura è la deformazione plastica per trazione e compressione di una lamiera piana pretagliata o di una lamiera già preformata. Si svolge in una o più operazioni, senza cambiare lo spessore della lamiera.

Il materiale di base deve essere malleabile per permettere la sua imbutitura, come latte e lamiere di alluminio, con cui si producono certi pezzi di carrozzeria e di telaio.

#### Processo di imbutitura

La lamiera piatta pretagliata (fig. 1, pag. 119) è posta sullo stampo d'imbutitura. Il dispositivo di serraggio pressa la lamiera all'interno dello stampo. La forza di pressione da parte del punzone spinge il ritaglio tondo di lamiera nell'apertura della matrice di stampo sopra lo spigolo di imbutitura. Il materiale è sollecitato in trazione e compressione dal carico della forza

applicata. Mediante l'anello di bloccaggio, la lamiera viene pressata sul piano della matrice, impedendo in tal modo la formazione di pieghe. La larghezza dell'intercapedine di stampaggio è di uno spessore leggermente maggiore dello spessore della lamiera. Al termine della lavorazione, la ritrazione del punzone libera il pezzo finito.

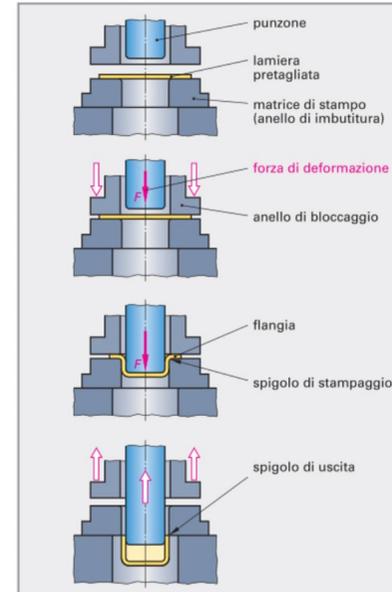


Figura 1: Procedimento di imbutitura

### 7.3.3 Formatura per compressione

Definisce la formatura di un pezzo mediante l'azione di forze di compressione.

Si distingue in:

- **laminazione** (fig. 2), con il passaggio attraverso due rulli cilindrici in rotazione, si ottengono profilati, lamiere, tubi, fili;
- **estrusione**, con l'estrusione continua (fig. 3), una pressa spinge il materiale riscaldato mediante pressione attraverso una matrice, formando dei profilati. Con l'estrusione a scorrimento (trafilatura, fig. 4), i materiali sono compressi da un punzone all'interno di una matrice, formando pezzi pieni oppure cavi;
- **formatura libera** (forgiatura manuale);
- **formatura per stampaggio profondo** sotto pressa a caldo.

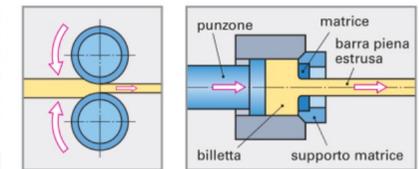


Figura 2: Laminazione      Figura 3: Estrusione continua

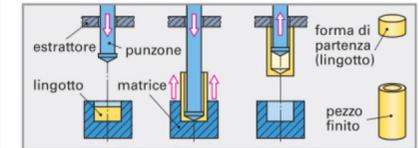


Figura 4: Estrusione per scorrimento

#### Forgiatura (formatura e stampaggio a caldo)

La forgiatura è un procedimento di trasformazione plastica a caldo di metalli.

Con la forgiatura, i pezzi sono formati per lo più nello stato di incandescenza mediante battitura manuale o compressione alla pressa senza asportazione di trucioli. Con la ricalcatura e stiratura del materiale, si modifica la struttura dello stesso, ma l'andamento delle fibre viene mantenuto (fig. 5). In questo modo, per la densità della struttura e il favorevole andamento delle fibre, si ottiene un aumento della resistenza alle sollecitazioni degli elementi forgiati.

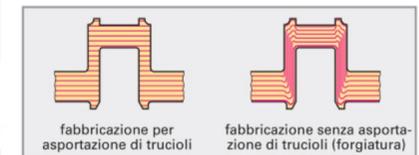


Figura 5: Andamento delle fibre

#### Formatura libera

Nella formatura libera il pezzo viene lavorato con un battito di martello sopra un'incudine.

Si distingue in:

- **ricalcatura** (fig. 6), diminuisce l'altezza, ma aumenta la sezione;
- **spigolatura** (fig. 7), si ottiene un cambiamento di spessore utilizzando uno spigolo (dell'incudine);

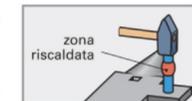


Figura 6: Ricalcatura

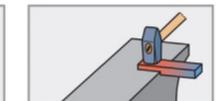


Figura 7: Spigolatura

- **stiratura (fig. 1)**, si ottiene un allungamento del pezzo con una riduzione della sezione.

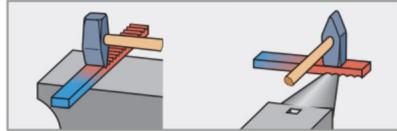


Figura 1: Stiratura (allungamento)

#### Formatura per stampaggio profondo a caldo

Durante la forgiatura in stampi, il pezzo grezzo riscaldato viene introdotto per urto o pressato in stampi curvi (matrici) che corrispondono alla forma finale dei pezzi.

Nella formatura per stampaggio a caldo, il pezzo è contenuto per intero o per la maggior parte nello stampo di lavorazione; viceversa, nella formatura libera, il pezzo è lavorato liberamente tra martello e incudine.

**Forgiatura in stampi.** Le matrici (fig. 2) sono costituite da due parti: una superiore e una inferiore. Le cavità ricavate nelle due parti corrispondono alla forma del pezzo finito che è formato partendo da un corpo grezzo caldo mediante pressatura ripetuta. Il volume del grezzo è leggermente maggiore di quello del pezzo finito, al fine di garantire il riempimento completo delle cavità dello stampo. La sbavatura (materiale in eccesso) agisce come paracolpi ed impedisce un impatto troppo violento tra le due metà della matrice. La velocità di formatura è elevata.

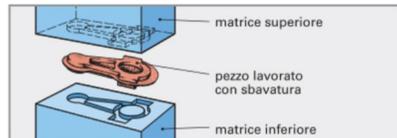


Figura 2: Matrice da forgia

**Forgiatura alla pressa (fig. 3).** La forza di formatura è applicata da una pressa da forgia. Tramite la guida della parte superiore e inferiore, la precisione del pezzo finito è elevata. La velocità di trasformazione dipende dai materiali che sono utilizzati: per il titanio, la velocità è inferiore a quella per l'acciaio.

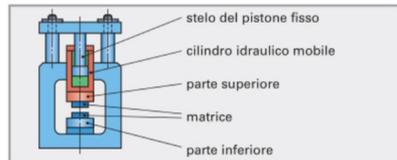


Figura 3: Pressa da forgia

**Applicazione:** biella in titanio per motore da corsa. Vantaggi della formatura mediante stampaggio a caldo rispetto alla lavorazione per asporto di truciolo:

- maggior resistenza alle sollecitazioni;
- risparmio di materiale, scarti ridotti al minimo;
- buona qualità dimensionale e di finitura.

#### Idroformatura

L'idroformatura è una tipologia di stampaggio in cui l'elemento attivo (stampo) o in alternativa quello passivo (contro-stampo) è costituito da un fluido incompressibile, acqua o emulsioni di acqua e olio, messo sotto pressione.

Questo procedimento permette la realizzazione di profilati cavi (cornici del tetto di carrozzerie in metallo leggero, fig. 4). Per la realizzazione di questo tipo di elementi, il profilato di lamiera è posto in una forma di stampo costituita da due parti, rinchiuso ai lati e riempito di liquido che poi è messo in pressione a circa 1700 bar. Con tale procedimento il profilato assume la forma dello stampo.

Vantaggi rispetto a manufatti ottenuti per estrusione:

- realizzazione di elementi a sezione di profilo variabile mediante un unico processo;
- peso ridotto dei pezzi;
- produzione più razionale di pezzi complessi mediante un'unica lavorazione;
- alta precisione dimensionale.

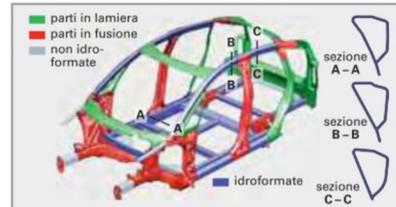


Figura 4: Impiego profilati a forma cava ad alta pressione

#### REGOLE DI LAVORAZIONE

- Attenersi scrupolosamente alle prescrizioni sul trattamento termico del fornitore del materiale.
- Utilizzare il martello tenendolo di lato rispetto al corpo ed evitare colpi ripetuti.

#### DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quanti procedimenti di formatura esistono?
- 2 Quali vantaggi porta la formatura?
- 3 Quali condizioni devono esistere per la piegatura?
- 4 Come si svolge il processo di imbutitura?
- 5 Cosa si intende per forgiatura?
- 6 Quali vantaggi porta la formatura a stampaggio a caldo rispetto alla lavorazione per asporto di truciolo?

### 7.3.4 Raddrizzamento

Il **raddrizzamento** consiste nell'eliminazione di deformazioni indesiderate con lo scopo di ripristinare la forma originale dei semilavorati (trafilati) e degli elementi finiti (telai di autoveicoli, parafanghi).

La condizione per il raddrizzamento è determinata dalla deformabilità plastica del materiale. Può essere effettuato sia a freddo sia a caldo.

Il raddrizzamento avviene mediante formatura oppure apporto di calore (raddrizzamento a fiamma).

#### Raddrizzamento per formatura

Semilavorati ed elementi di minor sezione deformati possono essere raddrizzati su un piano di raddrizzamento. I pezzi sono posizionati con il lato concavo (fig. 1) rivolto verso la base del piano di battuta e raddrizzati tramite il martello in brevi sezioni.



Figura 1: Spianatura di lamiera

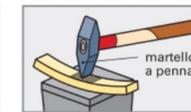


Figura 2: Stiratura con martello a penna

Nel modo descritto, con il martello si batte sopra la curvatura (lato convesso). Per lamiere sottili, si utilizza un martello in legno, gomma oppure in materiale plastico. Pezzi più duri sono raddrizzati mediante battitura con il martello dalla parte a cuneo (stiratura, fig. 2). Il pezzo è stirato per mezzo di battiture ravvicinate sul lato corto (concavo). Il raddrizzamento di elementi a profilo angolare avviene con il medesimo procedimento mediante battitura per stiramento, in modo da allungare di nuovo il lato che si è accorciato nel piegamento (fig. 3).

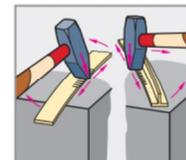


Figura 3: Raddrizzamento di profilati



Figura 4: Raddrizzamento a fiamma

#### Raddrizzamento per apporto di calore

Con il raddrizzamento a fiamma (fig. 4), il lato più lungo del pezzo è allungato per mezzo di cunei di calore. La dilatazione dovuta al riscaldamento del metallo produce grandi tensioni di compressione. Il metallo, reso plastico in corrispondenza dei cunei formati, si ritira durante il raffreddamento e le con-

seguenti tensioni in trazione comprimono il pezzo sul lato più lungo, in modo così forte che il pezzo riacquista la forma piatta originale. È però possibile che il trattamento termico modifichi la struttura della materia e conduca ad una perdita della resistenza.

### 7.3.5 Processi di formatura delle lamiere

I lamierati sono prodotti mediante laminazione a caldo oppure a freddo. I semilavorati sono distribuiti sotto forma di rotoli oppure fogli.

Le lamiere sono successivamente lavorate mediante:

- formatura per trazione e compressione (imbutitura, ricalcatura);
- formatura per trazione (allungamento/stiratura);
- formatura per piegamento (piegatura, piegatura sotto pressa).

#### Piegatura di lamierati

**Senso di laminazione.** Nella produzione di lamierati mediante laminazione, le lamiere sono stirate per lo più in senso della laminazione, ottenendo così una struttura simile all'andamento delle fibre. Nella piegatura parallela al senso di laminazione, sussiste il pericolo che si formino incrinature sullo spigolo di piega, motivo per il quale le lamiere sono piegate perpendicolarmente oppure in diagonale rispetto al senso di laminazione.

**Elasticità di ritorno.** Nella piegatura di una lamiera si produce un effetto elastico di ritorno che dipende dal materiale, dal senso di laminazione, dallo spessore della lamiera, dall'angolo e dal raggio di piegatura. Al fine di ottenere l'angolo di piega stabilito, la lamiera deve essere "piegata oltre". L'angolo dell'effetto molla (fig. 5) corrisponde a circa l'1-3% dell'angolo di riferimento.

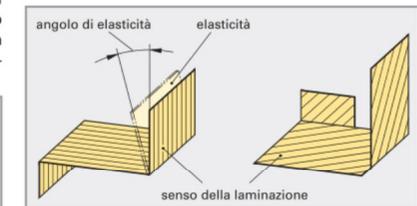


Figura 5: Senso della laminazione, elasticità

**Raggio di piegatura.** Per evitare la formazione di incrinature, non si deve oltrepassare il raggio di piega minima. Piccoli raggi di piega originano deformazioni importanti ed elevate tensioni nella lamiera. Il raggio di piega minimo dipende dal materiale, dal senso di laminazione e dallo spessore della lamiera. I raggi di piega minimi dei lamierati più importanti sono normalizzati.

**Lunghezze di taglio.** La lunghezza di taglio di parti da piegare è calcolata sulla base della lunghezza della fibra neutra.

### Piegatura a spigolo

La piegatura a spigolo consiste nel piegare una lamiera lungo uno spigolo rettilineo con un piccolo raggio di curvatura.

La piegatura a spigolo è un procedimento per la realizzazione di elementi profilati. Può essere effettuata in morsa, all'incudine, in una guida di serraggio oppure mediante una piegatrice manuale orientabile. Nella piegatura in morsa (fig. 1), la lamiera viene piegata interponendo un supporto di piegatura. Con l'utilizzo di martelli a testa morbida, si evita di segnare la lamiera.

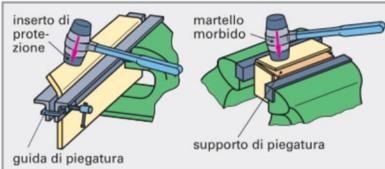


Figura 1: Piegatura con guida, piegatura a forma

Durante la sagomatura con la piegatrice regolabile (fig. 2), la lamiera è fissata tra il telaio superiore ed il telaio inferiore e la piegatura viene effettuata dal piano cernierato rotante. Il raggio di curvatura e la forma della lamiera dipendono dalla forma e dalla grandezza della pinza di piegatura intercambiabile fissata sul telaio superiore.

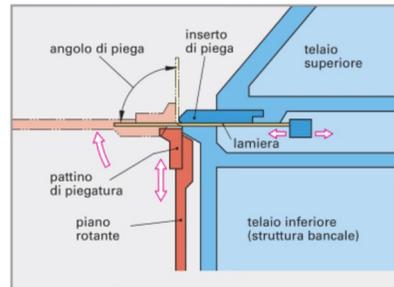


Figura 2: Piegatura con piegatrice regolabile

### Centinatura

La centinatura consiste nell'arrotondare una lamiera lungo una morsa con un grande raggio di curvatura.

L'operazione si può effettuare con una morsa, un gancio da fabbro, una bicornia o attorno ad un tubo (fig. 3).



Figura 3: Curvatura a mano

### Centinatura di un bordo (stiratura)

Durante la centinatura di un bordo (stiratura), determinate porzioni di lamiera vengono allungate (stirate) mediante battitura mirata di martello.

Durante la centinatura, una striscia di lamiera viene battuta su un lato, creando dei segmenti stirati. In questo modo, si ottiene una diminuzione di spessore e la lamiera si curva (fig. 4).

Il martello di ribattitura o la penna del martello deve colpire unicamente il bordo della lamiera e deve essere rivolta verso il centro dell'arco.

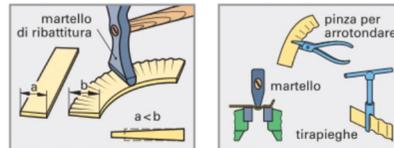


Figura 4: Piegatura ad arco

Figura 5: Produzione di ondulati

La centinatura può essere applicata per:

- realizzare bordi esterni su lamiere a forma rotonda;
- arrotondare, curvare o raddrizzare lamiere profilate;
- svasare i tubi per creare imbocchi.

### Modellatura (ricalcatura)

Durante la modellatura, alcune parti del pezzo sono ristrette. Il materiale viene ricalcato.

La periferia della superficie lavorata subisce una diminuzione di lunghezza e ciò porta ad un leggero aumento dello spessore del metallo. La porzione della lamiera da accorciare viene prima ondulata; le ondulazioni vengono poi ricalcate col martello. Durante la ricalcatura manuale, le ondulazioni vengono effettuate con una pinza rotonda, con un ferro di piegatura oppure con una morsa (fig. 5).

La modellatura può essere applicata per:

- realizzare bordi interni su lamiere a forma rotonda;
- arrotondare oppure raddrizzare profilati (eventualmente assieme a una centinatura curvata);
- restringere tubi per creare imbocchi.

### Spianatura (lisciatura)

Con la spianatura, le superfici di lamiere deformate sono appianate e le asperità eliminate; forme e aspetto di porzioni di lamiera sono migliorate. Gli utensili per la spianatura devono possedere superfici lisce, prive di graffi e, possibilmente, essere lucidate. Con la spianatura interna (fig. 1) i colpi con il martello sono portati sulla parte interna (concava) del pezzo, mentre con la spianatura esterna sono portati sulla parte esterna (convessa, fig. 2).

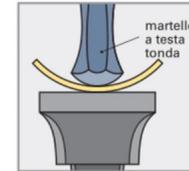


Figura 1: Spianatura concava

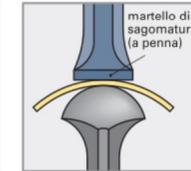


Figura 2: Spianatura convessa

### Imbutitura

Le lamiere vengono lavorate a mano o a macchina mediante diversi procedimenti di trasformazione della lamiera.

L'imbutitura avviene principalmente per stiratura e ricalcatura della lamiera così come per spianatura e martellatura. Nel caso che la solidificazione a freddo diventi troppo grande, questa è da eliminare mediante una ricottura intermedia di ricristallizzazione. L'imbutitura (fig. 3) è adottata per la realizzazione di pezzi unici e per interventi di riparazione di carrozzerie.

**Imbutitura sotto tensione.** La lamiera viene deformata sopra un piano duro per realizzare parti di forma concava poco accentuata (fig. 4).



Figura 3: Imbutitura

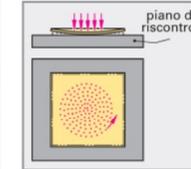


Figura 4: Imbutitura sotto tensione

### Imbutitura a colletto

L'imbutitura a colletto consiste nell'effettuare una doppia piega sul bordo di una lamiera (generalmente parallela al bordo della lamiera) che corrisponde approssimativamente allo spessore della lamiera.

L'imbutitura a colletto (fig. 5) è generalmente utilizzata per preparare una superficie piana per la giun-

zione in sovrapposizione, per esempio in caso di riparazioni di pezzi di carrozzeria. L'imbutitura a colletto crea una nervatura di irrigidimento della lamiera; si effettua con una pinza specifica da ripiegatura (fig. 6) con cui è possibile anche punzonare fori per punti di saldatura.

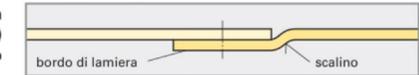


Figura 5: Imbutitura a colletto



Figura 6: Utensile combinato per imbutire e punzonare

### Scalinatura sagomata

Con la scalinatura sagomata, i bordi di una porzione di lamiera vengono sottoposti a una scalinatura parallela e simmetrica, in modo da ottenere un profilo a omega sovrapposto alla lamiera di fondo.

Questa lavorazione (fig. 7) crea un irrigidimento locale e complessivo della lamiera portante, per esempio, per cofani motore, coperchi baule e porte.

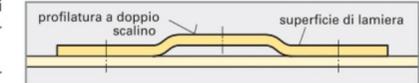


Figura 7: Scalinatura a profilo



Figura 8: Cofano motore

### Bordatura

Bordare significa piegare a gomito i bordi esterni (lati) di un tubo per ottenere dei bordi sottili, generalmente rettangolari.

Dopo il taglio delle lamiere, i bordi vengono piegati su uno spigolo vivo. Questa operazione permette di rinforzare le lamiere. La bordatura è un lavoro preparatorio per realizzare dei giunti mediante aggraffatura, ribattitura o saldatura.

**Bordatura interna.** La lamiera viene piegata verso l'interno per formare un orlo (fig. 1). Siccome c'è troppa materia per sagomare lo spigolo interno, si formano delle ondulazioni che devono essere eliminate mediante ricalcatura.

**Bordatura esterna.** La lamiera viene piegata per creare un bordino rivolto verso l'esterno (fig. 2). Siccome non c'è abbastanza materia per sagomare lo spigolo esterno, è necessario stirare la lamiera.



Figura 1: Bordatura interna      Figura 2: Bordatura esterna

**Bordatura sovrapposta.** Questa lavorazione (fig. 3) aumenta la resistenza delle lamiere e dei bordi delle lamiere; inoltre, diminuisce il pericolo di ferirsi con i bordi taglienti della lamiera.

**Risvolti.** Il bordo della lamiera viene rivoltato una o più volte.



Figura 3: Irrigidimento per bordatura sovrapposta

#### Nervatura profilata (irrigidimento di lamierato)

La nervatura profilata consiste nel ricavare delle scanalature di irrigidimento, da una lamiera piatta abitualmente diritta.

Le nervature profilate (fig. 4) servono per irrigidire pannelli piani di lamierati di una certa estensione, per esempio, pianali o tetti di autoveicoli.



Figura 4: Nervature profilate su lamiera di tetto d'auto

#### Aggraffatura

L'aggraffatura è la giunzione di lamiere mediante l'incastro dei bordi pressati tra loro.

Le aggraffature vengono realizzate tramite ripiegatura manuale oppure a macchina (fig. 5).

A causa della grande sollecitazione di piegatura, devono essere utilizzati materiali con buona deformabilità e duttilità.

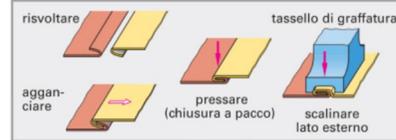


Figura 5: Esecuzione delle aggraffature

L'aggraffatura a linguetta è una giunzione di lamiere per mezzo di linguette piegate o ritorte in sequenza alterna inserite nelle relative finestre di innesto.

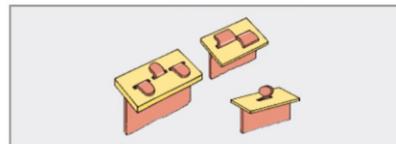


Figura 6: Giunzione per aggraffatura a linguetta

Finestre e linguette (fig. 6) sono realizzate con un attrezzo specifico. Per l'operazione di aggraffatura non viene utilizzato alcun materiale aggiuntivo; la giunzione viene prodotta unicamente con materiale dalle caratteristiche simili.

#### REGOLE DI LAVORO

- Per la lavorazione di lamierati devono essere utilizzati dispositivi di protezione per la sicurezza personale (guanti, occhiali, cuffie antirumore).
- Durante il carico e il trasporto di lastre o rotoli di lamiera, indossare guanti di protezione.
- Prima di una lavorazione su lamiera, eliminare le bave dagli spigoli.
- Durante la foratura delle lamiere, occorre fissarle assolutamente alla morsa per evitare che ruotino attorno allo strumento di perforazione.
- Durante la foratura, non indossare guanti.

#### DOMANDE DI RIPASSO

- 1 A cosa si deve prestare attenzione durante la piegatura di lamiera?
- 2 Da cosa dipende il ritorno elastico nella piegatura di lamiera?
- 3 Per quale motivo il raggio di piega minimo non deve essere superato?
- 4 Quale vantaggio porta la piegatura a scalino nella giunzione delle lamiere a bordi sovrapposti?
- 5 Cosa si intende per scalinatura sagomata?

## 7.4 Lavorazione per asportazione di trucioli

La lavorazione per asportazione di trucioli consiste nella separazione meccanica di particelle di materiale dal pezzo in lavorazione. La coesione della materia viene ad essere localmente soppressa.

I processi di lavorazione mediante asportazione di trucioli sono differenziati a seconda del movimento e della geometria del taglio dello strumento. Il movimento tagliente può essere eseguito mediante l'utensile o il pezzo stesso.

Tabella 1: Formatura per asportazione di truciolo

Forma del tagliente	Movimento di taglio	
	rettilineo	circolare
● geometricamente definita	scalpellare, limare, raschiare, segare (sega dritta)	forare, svasare, alesare, segare (sega circ.) tornire
● geometricamente indefinita	smerigliatura a nastro, lappatura piana	smerigliatura di taglio, levigatura di cilindri

Gli utensili utilizzati per la lavorazione di asportazione dei trucioli separano, tramite il proprio tagliente, i trucioli dal pezzo lavorato (fig. 1).

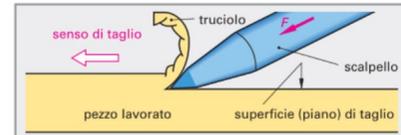


Figura 1: Formazione del truciolo

Per queste lavorazioni devono essere soddisfatte quattro condizioni di base:

- la superficie lavorata deve diventare liscia secondo le specifiche richieste;
- il tempo di lavorazione deve essere il più breve possibile;
- la forza applicata all'utensile deve essere la più debole possibile;
- la durata dell'utensile deve essere più lunga possibile.

### 7.4.1 Basi di lavorazione per asportazione di trucioli

La forma base del tagliente dell'utensile per la lavorazione mediante asportazione di trucioli è il cuneo (cuneo di taglio).

**Superficie di spoglia.** È la superficie del cuneo di taglio sulla quale striscia il truciolo.

**Superficie di disimpegno.** È la superficie del cuneo di taglio adiacente alla superficie di lavorazione.

**Angolo di disimpegno ( $\alpha$ ).** È l'angolo compreso tra il tagliente e la superficie del pezzo. L'angolo di disimpegno evita che l'utensile strisci sulla superficie lavorata del pezzo (tallonamento).

**Angolo di acuità ( $\beta$ ).** È l'angolo che penetra nel pezzo; viene formato tra la superficie di scarico e la faccia di disimpegno del tagliente.

Per materiali teneri, si utilizzano dei piccoli angoli di acuità. Per materiali duri, si utilizzano dei grandi angoli di acuità.

**Angolo di spoglia ( $\gamma$ ).** È l'angolo tra la superficie di spoglia e una linea ideale perpendicolare al senso di lavorazione lungo il quale scorre via il truciolo asportato. L'angolo di spoglia può essere positivo oppure negativo.

Angolo di spoglia **positivo**: effetto tagliente.  
Angolo di spoglia **negativo**: effetto raschiante.

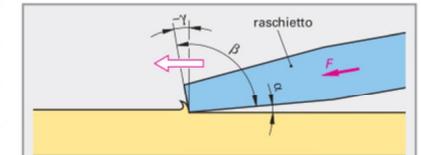
Per angoli di spoglia negativi l'asporto di materiale è molto limitato a causa dell'effetto raschiante dell'utensile di taglio (fig. 3). Per angoli di disimpegno, di acuità e di spoglia vale sempre:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$



angolo di spoglia positivo, azione tagliente:  $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$

Figura 2: Superfici e angoli al cuneo di taglio



angolo di spoglia negativo, azione raschiante:  $\alpha + \beta + (-\gamma) = 90^\circ$

Figura 3: Asporto di materiale ad azione raschiante

### 7.4.2 Asportazione di trucioli manuale

#### 7.4.2.1 Scalpellatura

Lo scalpello serve per l'asportazione di trucioli e per la troncatura.

L'angolo di acuità ( $\beta$ ) del tagliente (cuneo di taglio) dello scalpello si situa tra 40° e 70°. Per la lavorazione di acciai medio duri si opta per un valore attorno a 60°. Lo scalpello è composto da un tagliente, una testa e un manico (fig. 1). Il manico è arrotondato sui lati stretti oppure è di sezione rettangolare per permettere una buona presa di lavoro. La testa è rastremata e di forma arrotondata.

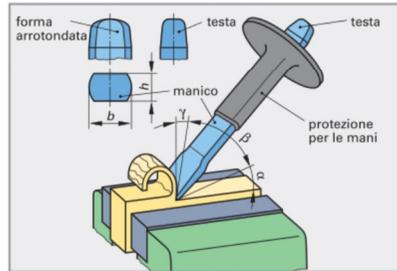


Figura 1: Posizione dello scalpello

**Procedimento di scapellatura (fig. 1).**

L'angolo di spoglia e l'angolo di disimpegno dipendono dalla posizione dello scalpello (fig. 1). Tenendo lo scalpello piano, si avrà un piccolo angolo di disimpegno; lo scalpello ha la tendenza di uscire dal pezzo. Nel caso di un angolo di disimpegno troppo grande, lo scalpello penetra troppo profondamente nel pezzo, il truciolo diventa troppo grosso e la forza di taglio è eccessiva. Tenuto quasi verticalmente rispetto alla superficie del pezzo, lo scalpello tende a tagliare piuttosto che ad asportare trucioli.

**Tipi di scalpello (scelta, fig. 2)**

- **Scalpello piatto:** possiede un tagliente largo e diritto, serve per asportare trucioli e per tagliare.
- **Unghietto:** ha un tagliente stretto posto trasversalmente in rapporto al corpo. Serve a praticare delle scanalature strette.



Figura 2: Esempi di scalpello

**Scapelli a inserto (fig. 3)**

Per troncare sezioni di carrozzeria, rimuovere punti di saldatura, tagliare e troncare marmitte e raccordi, rimuovere rivetti, esistono scapelli a inserto per utensili di scapellatura ad aria compressa.



Figura 3: Scapelli a inserto

**REGOLE DI LAVORO**

- Utilizzare unicamente scalpelli con taglienti in perfetto stato, così come martelli in buono stato.
- La testa dello scalpello non deve presentare bave.
- Indossare occhiali e guanti di protezione, utilizzare schermi di protezione contro la proiezione inavvertita di trucioli e schegge.
- Utilizzare possibilmente scalpelli dotati di protezione per le mani.
- Rivolgere sempre lo sguardo sul tagliente.

**DOMANDE DI RIPASSO**

- 1 Quali effetti ha la posizione degli scalpelli sugli angoli di spoglia e di disimpegno?
- 2 Da che cosa dipende la scelta dell'angolo del tagliente di uno scalpello?
- 3 In cosa si differenziano l'asportazione di truciolo e la tronatura?
- 4 Quali regole di lavoro e di sicurezza bisogna osservare durante la scapellatura?

**7.4.2.2 Raschiare**

La raschiatura è una lavorazione per asportazione di truciolo per mezzo di un utensile di raschiatura atto a modificare la superficie del pezzo mediante asporto di piccole particelle.

Mediante la raschiatura su pezzi metallici, si ottiene una superficie liscia esente da rigature come viene richiesto per piani di guarnizione, di scorrimento e di guida.

Si adottano utensili da raschiatura piatti o a unghia per superfici piane, utensili a sezione triangolare oppure a cucchiaio per le superfici curve (fig. 4).

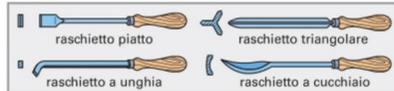


Figura 4: Esempi di raschietto

Con una corretta tenuta del raschietto, si ottiene un angolo di spoglia negativo e, di conseguenza, un'azione di raschiatura (fig. 5).

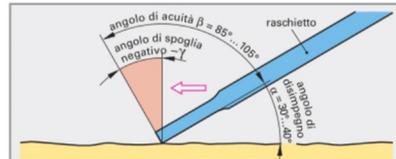


Figura 5: Angoli per raschietto piatto - tenuta del raschietto

**7.4.2.3 Segare**

Segare è una lavorazione per asportazione di truciolo con un utensile a dentatura multipla a passo corto e taglienti geometricamente definiti (denti di sega).

- Segare serve per:
- recidere materiali o pezzi;
  - intagliare gole o scanalature.

**Azionamento del seghetto (fig. 1)**

La lama del seghetto si compone di una fila di taglienti a forma di scalpello che agiscono in sequenza e asportano piccoli trucioli. Gli interspazi tra i singoli denti riprendono i trucioli e li tolgono dal taglio.

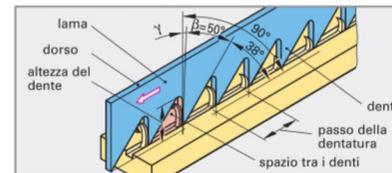


Figura 1: Funzionamento del seghetto

Per consentire alla lama di non incepparsi e di potere agire liberamente, i denti sono ondulati in sequenza di lato, decalati o scavati (tronco-conici, fig. 2).

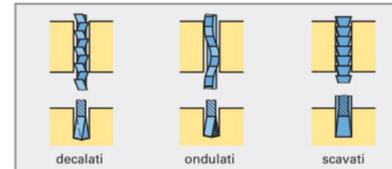


Figura 2: Azione libera della lama del seghetto

**Passo della dentatura**

Per passo della dentatura si intende il numero di denti in rapporto alla misura di un pollice.

$$\text{Passo della dentatura} = \frac{n. \text{denti}}{\text{lungh. di rif.}} = \frac{n. \text{denti}}{1 \text{ pollice}}$$

1 pollice = 25,4 mm

**Tabella 1: Passo di dentatura**

Passo di dentatura	denti pollice	Applicazione
grossolano	... 16	alluminio, rame, acciaio da costr.
medio	... 22	acciaio da costruzione, ghisa, leghe Cu-Zn (ottone)
fine	... 32	tubi a parete sottile, lamiera, acciaio, ghisa temprata

Con materiali dolci, come l'alluminio, oppure intagli lunghi avviene una abbondante produzione di trucioli, in questo caso serve una lama a passo grossolano (tab. 1 e 2) in quanto la grande quantità di trucioli non troverebbe posto negli interspazi di dente.

**Tabella 2: Scelta della lama del seghetto**

Passo dentatura	Materiale	Intaglio
grossolano	dolce	lungo
fine	duro	corto

**Forma dei denti**

I seghetti a mano possiedono per lo più denti a cuspidi (fig. 1) i cui taglienti sono definiti da piccoli angoli di spoglia e grandi angoli di disimpegno. Per segare l'acciaio, l'angolo di acuità di un dente è di circa 50°, l'angolo di disimpegno 38°, l'angolo di spoglia circa 2°.

**Tipi di seghetto a mano**

**Seghetto ad arco** (seghetto comune, fig. 3). Si compone di una struttura di tensionatura e una lama. Le punte della dentatura devono essere indirizzate nel senso della forza di lavorazione.

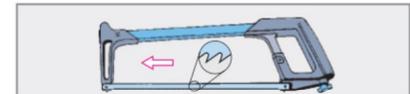


Figura 3: Seghetto ad arco

**Seghetti alternativi** (seghetti ad aria compressa, fig. 4).

Sono adatti per tagli diritti e leggermente curvilinei, esenti da pieghe, come lavori di carrozzeria per recidere lamierati di accessibilità difficoltosa. Per segare lamierati di carrozzeria, si adottano lame a passo fine (32 denti/pollice). Per ottenere un taglio esente da bave, la velocità di taglio e l'ampiezza di corsa sono regolabili.



Figura 4: Seghetto pneumatico

**REGOLE DI LAVORO**

- Tendere il più possibile la lama del seghetto, con la punta dei denti rivolta in avanti.
- Scegliere la dentatura della lama in funzione della forma e del materiale da lavorare.

**DOMANDE DI RIPASSO**

- 1 Per quali lavorazioni è utilizzato un seghetto?
- 2 In base a quali caratteristiche si sceglie il passo della dentatura?
- 3 Come si determina il passo della dentatura di una lama di seghetto?

## 7.4.2.4 Limare

Limare è una lavorazione per asportazione di truciolo mediante un utensile polidentato a taglienti definiti geometricamente con movimento rettilineo alternato.



Figura 1: Struttura di lima piatta

**Struttura (fig. 1).** È definita dal corpo piatto di lima a dentatura scolpita oppure formata mediante fresatura e da un codolo per il fissaggio di un'impugnatura. Le lime si suddividono secondo le seguenti caratteristiche.

- **Grandezza:** lime a mano, lime di precisione, lime ad ago.
- **Forma della sezione e sigla di riconoscimento (fig. 2).**



Figura 2: Sigle di riconoscimento per sezioni di lima

- **Forma dei denti (fig. 3) e modo di fabbricazione.**

**Lime tagliate:** possiedono un'azione raschiante e sono adottate per materiali ad alta resistenza, per esempio, acciaio, ghisa.

**Lime fresate:** possiedono un'azione di taglio e sono adottate per materiali di scarsa resistenza, per esempio, alluminio, rame.



Figura 3: Forme dei denti

- **Tipologia della trama di taglio (fig. 4).**

**Lime a taglio semplice:** servono in particolare per la lavorazione di metalli dolci e per l'affilatura di segchetti e altri utensili.

**Lime a taglio doppio o a taglio incrociato:** sono utilizzate per metalli più duri. Angolazioni e passi di taglio superiore e inferiore sono di misure diverse in modo tale che l'azione inizi in modo differenziato impedendo la formazione di rigature profonde.

**Lime a raspa:** sono adatte per la lavorazione di legno, materiale plastico, cuoio, sughero e gomma.

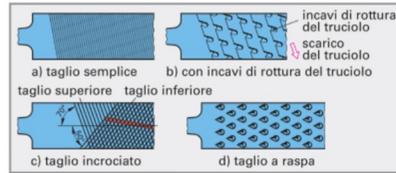


Figura 4: Tipi di trame taglienti

- **Numero dei tagli.** Corrisponde al numero di tagli realizzati su 1 cm di lunghezza della lima, (per le lime a taglio incrociato, il numero di denti viene contato sul secondo taglio). Per le raspe, è il numero d'intagli su 1 cm<sup>2</sup> della superficie della lima.
- **Numero identificativo del taglio.** Indica la finezza del taglio: più alto è il numero, più fine è il taglio (distanza tra dente e dente).

Tabella 1: Numero identificativo del taglio e quantità di tagli per lime a denti tagliati

Num. ident.	Quantità tagli	Denominazione	Applicazione
1	6...17	lima bastarda	sgrossatura
2	9...23	lima mezzo dolce	prefinitura
3	13...28	lima dolce	finitura
4	16...34	lima dolce a taglio incrociato	aggiustaggio di precisione
5...8	non normaliz.	lima di precisione	aggiustaggio di alta precisione

Le lime fresate si differenziano in base alla dentatura con la numerazione 1 (grossolana), 2 (media) e 3 (fine).

**Tecnica di lima.** Il movimento libero viene effettuato in asse con il corpo della lima con spostamento alternato di mezza larghezza di lima verso destra e verso sinistra.

## REGOLE DI LAVORO

- Pulire le lime con spazzola apposita.
- Mantenere una presa solida sul manico.

**Inserti fresanti (lime rotative, fig. 5).** Sono applicati su mandrini non battenti, azionati elettricamente o per aria compressa. Sono peraltro utilizzati per lavori di sbavatura e pulizia, per esempio su saldature.



Figura 5: Inserti fresanti

## DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Da cosa si differenziano le lime tagliate da quelle fresate?
- 2 Quali sezioni di lima normalizzate esistono?
- 3 Cosa indica il numero identificativo di una lima?

## 7.4.2.5 Alesatura

L'alesatura è una lavorazione di finitura su fori mediante un utensile a taglienti geometricamente indefiniti.



Figura 3: Alesatore per macchina

L'alesatura serve alla finitura e alla lavorazione fine di pezzi preforati, quali boccole di portata, al fine di ottenere le qualità di tolleranza dimensionale e di forma e qualità di superficie (rugosità) richieste.

**Processo di lavorazione.** L'asporto di truciolo avviene mediante il movimento di taglio in rotazione e l'avanzamento assiale dell'utensile di alesatura (alesatore) con angolo di spoglia di 0° oppure negativo (fig. 1), di modo che l'asportazione avviene per raschiatura. L'utilizzo di oli da taglio migliora la qualità di superficie, diminuisce l'usura dell'utensile, aumentandone così la durata. La ghisa è alesata senza apporto di lubrificazione.

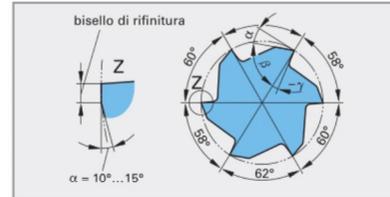


Figura 1: Angoli di taglio e passo dei taglienti di alesatore

**Passo del tagliente asimmetrico (fig. 1).** Evita che si formino dei segni dovuti alle vibrazioni dell'alesatore, perché le sue lame non agiscono nel medesimo punto durante l'alesatura.

**Numero di denti.** È più frequente che il numero dei taglienti sia pari. Essi permettono di determinare facilmente il diametro dell'alesatore con un micrometro.

**Alesatore manuale (fig. 2).** L'entrata (conica) asporta i trucioli, la parte della guida porta l'alesatore e liscia l'alesaggio (fig. 1). Il codolo possiede un'estremità quadrata che serve per il suo trascinamento, per esempio il bloccaggio di un giramaschio.

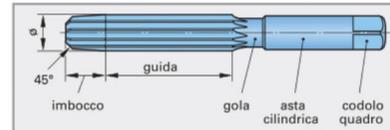


Figura 2: Alesatore manuale

**Alesatore per macchine (fig. 3).** Possiede un imbocco corto e un'asta cilindrica o conica. Con l'imbocco corto l'alesatore per macchine può essere azionato quasi fino in fondo a fori ciechi.

**Denti (lame).** Possono essere dritti o elicoidali antiorari (sinistra, fig. 4). Le lame elicoidali impediscono all'utensile di essere risucchiato nel foro e, nel contempo, permette che i trucioli vengano scaricati fuori nel senso dell'avanzamento.



Figura 4: Alesatore manuale a lame elicoidali

## Alesatori regolabili (fig. 5)

**Alesatori manuali.** Possono essere allungati mediante un dispositivo a cono che permette una regolazione in limiti ristretti (≈ 1/100 del diametro dell'alesatore).

**Alesatori a coltello.** Possiedono un campo di regolazione maggiore (1/10-1/5 del diametro dell'alesatore). Per la regolazione, i coltelli di taglio vengono spostati su piani inclinati verso l'esterno o l'interno per mezzo di due anelli filettati posti alle estremità dell'utensile.



Figura 5: Alesatori manuali regolabili

## REGOLE DI LAVORO

- Introdurre e azionare l'alesatore perpendicolarmente al pezzo, usare olio da taglio a seconda del materiale lavorato.
- Ruotare l'alesatore in senso orario con forza costante e rimuoverlo ruotando sempre in senso orario.
- Non ruotare in nessun caso l'alesatore in senso antiorario, pena la rottura dei taglienti a causa di trucioli incastrati.

## DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali vantaggi presentano gli alesatori regolabili?
- 2 Per quale motivo gli alesatori non possono essere azionati in senso antiorario?
- 3 Per quale motivo gli alesatori a lame elicoidali hanno un'elica antioraria?

7.4.2.6 Filettatura a mano

Durante la filettatura, si lavorano dei passi di viti mediante l'asportazione di trucioli su perni o in alesaggi. Questa operazione si effettua con l'aiuto di utensili con taglienti multipli.

Le filettature (fig. 1) possono essere:

- interne (filetto di vite femmina o madrevite) per mezzo di un utensile maschio;
- esterne (filetto di vite maschio) per mezzo di un utensile femmina, per esempio, di una filiera.

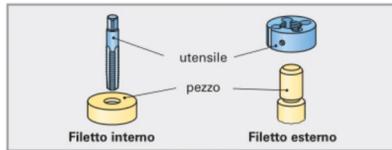


Figura 1: Tipi di filettatura

Filetto interno (fig. 2)

Il foro base per la filettatura interna deve avere un diametro leggermente superiore al diametro del nocciolo del filetto interno. Il maschio taglia la maggior porzione dei passi di spirale, tuttavia una parte del materiale viene sospinta dal maschio verso l'interno senza formazione di truciolo, così che il filetto viene leggermente ricalcato, con la conseguente riduzione del diametro del foro base. Questo effetto viene chiamato forzatura di taglio.

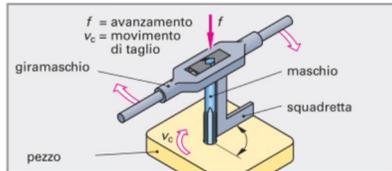


Figura 2: Filettatura interna

**Svasare.** I fori ciechi sono svasati da un unico lato, i fori passanti da ambedue i lati in modo da facilitare il corretto imbocco del maschio, nonché per evitare che i passi di vite iniziali non vengano ricalcati fuori dal foro base.

**Procedimento di filettatura.** L'introduzione del maschio deve essere effettuata perpendicolarmente all'asse del foro e verificata con l'aiuto di una squadretta. La forza di azionamento si compone del movimento principale, ossia la rotazione del maschio e dell'avanzamento sotto forma di movimento assiale. Per azionare il maschio si utilizza un giramaschio. Su materiali a truciolatura lunga e filetto di grande diametro è necessario effettuare uno scarico durante la lavorazione. Questa azione consiste nel ruotare in

senso contrario l'utensile di circa 3/4 di giro, permettendo, nel contempo, un nuovo rifornimento di prodotto lubrificante sugli spigoli dei taglienti. Eccessive e continue spezzature di trucioli e riprese di taglio possono però portare a un precoce smussamento dei taglienti dell'utensile.

Maschi rotti all'interno del foro vengono estratti mediante un giravite contrario; in caso di rotture della parte esterna, si può battere il codino con leggeri colpi di punteruolo e rimuovere con una pinza bloccante.

**Tipi di maschi.** Per la realizzazione dei filetti interni, si può utilizzare:

- **serie a 3 maschi (fig. 3)**, si compone di un elemento di taglio di prima passata di sgrossatura, di un elemento di taglio intermedio e di uno di taglio di finitura, contrassegnati con 1, 2 e 3, rispettivamente con le corrispondenti incisioni circolari. Il volume di asporto di truciolo viene suddiviso sui tre maschi (circa 55%, 25%, 20%), in modo da non provocare un sovraccarico dell'utensile e per ottenere passi di vite di buona qualità;

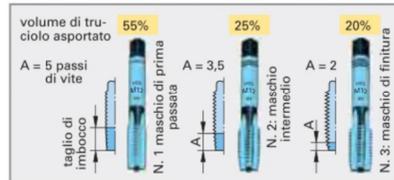


Figura 3: Serie a 3 maschi

- **serie a 2 maschi** (n. 1 maschio di prima passata, n. 2 maschio di finitura), sono utilizzati per realizzare filetti a passo fine;
- **maschio a passata unica (figg. 4, 5a)** per realizzare filetti su lamiere o pezzi di spessore inferiore a 1,5 volte il diametro del filetto. Tramite l'imbocco sbizzato è possibile un imbocco di taglio di minore lunghezza;

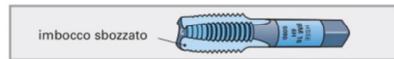


Figura 4: Maschio a passata unica

- **maschi per metalli leggeri (fig. 5b)**, possiedono intagli e angoli di spoglia più grandi.

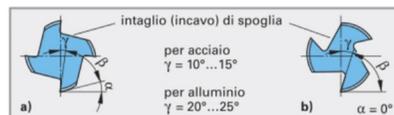


Figura 5: Angoli di utensile maschio

Per realizzare filetti interni, i fori base devono essere forati a misura. Per filettatura metriche ISO (filetti a passo normale e a filetto fine) il diametro del foro base  $d_f$  corrisponde al diametro del filetto  $d$  meno il passo di vite  $P$  (tab. 1).

$$d_f = d - P$$

Tabella 1: Misure in mm per filettature metriche ISO

Filetto $d$	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12
Foro base $d_f$	2,5	3,3	4,2	5,0	6,8	8,5	10,2
Passo di vite $P$	0,5	0,7	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75
Diametro $\phi$ esterno del gambo	2,9	3,9	4,9	5,9	7,9	9,85	11,85

Filetto esterno

Anche durante la lavorazione delle filettature esterne (fig. 1), il materiale si deforma. Il diametro del gambo deve, per questo motivo, essere leggermente più piccolo del diametro del filetto (tab. 1).

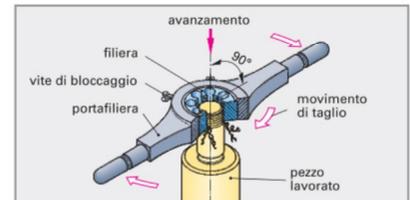


Figura 1: Procedimento di filettatura esterno

Per posizionare l'utensile in modo corretto (perpendicolare all'asse di lavorazione), è necessario smussare la parte iniziale del gambo alla misura del diametro del nocciolo del filetto, in modo da preservare l'inizio del filetto.

Per intagliare filetti esterni, si utilizza la filiera:

- **a forma chiusa (fig. 2)**, crea il filetto direttamente a misura con una lavorazione unica. Un'entrata di taglio scalata facilita l'inizio della lavorazione e guida i trucioli a uscire nel senso della lavorazione;
- **a forma aperta con intaglio (fig. 2)**, mediante una vite di registro che agisce a pressione sull'intaglio,



Figura 2: Filiera rotonda

glio, è possibile effettuare una correzione del diametro di filettatura;

- **a forma esagonale (fig. 3)**, serve per lavorazioni di ripasso su filetti danneggiati oppure di difficile accesso, dove la filiera è azionabile con una chiave a bussola e/o una chiave a cricchetto.



Figura 3: Filiera esagonale

Prodotti di lubrificazione per filettare (tab. 2)

Per garantire una qualità superiore del filetto, è necessario utilizzare prodotti di lubrificazione adatti.

Tabella 2: Prodotti di lubrificazione e raffreddamento per filettare

Prodotti di lubrificazione e raffreddam.	Materiali (scelta)
Olio di taglio	Acciaio, Ti, Leghe Ti
Prodotti di lubrificazione e raffreddam. miscibili con acqua	Ghisa, Cu, Leghe Cu, Al, Leghe Al, Zinco

REGOLE DI LAVORO

- Svasare dai due lati il foro base al diametro nominale del filetto, smussare il perno di filetto al diametro del nocciolo.
- Posizionare la filiera perpendicolarmente al pezzo e controllare la posizione durante la lavorazione.
- Per la lavorazione a truciolo lungo, è necessario procedere ripetutamente a una spezzatura dello stesso mediante un'azione di ritorno dell'utensile di taglio.
- Lubrificare e raffreddare in abbondanza.

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali utensili si usano per filettare?
- 2 Quali tipi di maschio si utilizzano e per quale impiego?
- 3 Cosa si intende per "forzatura di taglio" nella lavorazione di filettatura?
- 4 Come si determina il diametro del foro di base per il filetto interno?
- 5 Quale diametro deve avere il gambo per un filetto esterno in relazione al diametro nominale del filetto?

### 7.4.3 Basi della lavorazione mediante asportazione di trucioli con macchine utensili

Le macchine utensili per la lavorazione mediante asportazione di trucioli possono produrre delle superfici piane, cilindriche, coniche o arrotondate. Per la lavorazione, l'utensile e il pezzo sono in movimento l'uno rispetto all'altro, in modo tale da ottenere il risultato desiderato.

#### Movimenti della macchina utensile (fig. 1)

Si differenziano tre tipi di movimento:

- principale o di taglio;
- di avanzamento;
- di avvicinamento.

**Movimento principale o di taglio  $v_c$ .** Viene effettuato dall'utensile oppure dal pezzo.

La velocità di taglio  $v_c$  è la velocità con la quale viene asportato il truciolo.

La velocità di taglio viene indicata in genere in m/min; per smerigliare, però, viene indicata in m/s.

**Movimento di avanzamento  $v_f$ .** Può avvenire manualmente oppure per l'azionamento prodotto dalla macchina utensile.

La velocità di avanzamento  $v_f$  (mm/min) è la velocità con la quale utensile e pezzo si muovono l'uno verso l'altro durante la lavorazione.

**Avanzamento  $f$ .** È la distanza percorsa dall'utensile (foratura, rettifica) o dal pezzo durante una sola rivoluzione (tornitura), oppure una sola corsa (piallatura).

**Movimento di avvicinamento  $a_p, a_e$ .** È il movimento tra il pezzo e l'utensile. Questo movimento determina lo spessore del truciolo da asportare.

La velocità di taglio, di avanzamento e il movimento di avvicinamento dipendono da:

- metodo di lavorazione e tipo di macchina utensile;
- materiale in lavorazione;
- materiale dell'utensile di taglio;
- qualità di finitura richiesta;
- lubrificazione e raffreddamento del tagliente dell'utensile;
- durata richiesta dell'utensile.

#### Formazione del truciolo (fig. 2)

Durante ogni lavorazione mediante asportazione di truciolo, il materiale viene ricalcato e separato mediante un'incisione del tagliente dell'utensile, che poi viene eliminato come truciolo sopra la superficie di spoglia del tagliente.

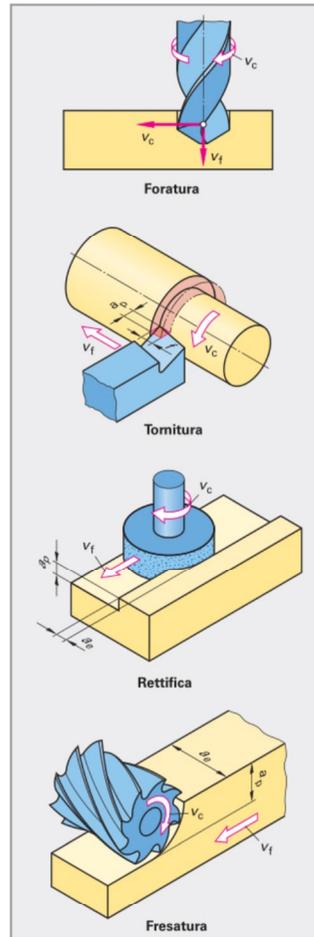


Figura 1: Movimenti di macchine utensili

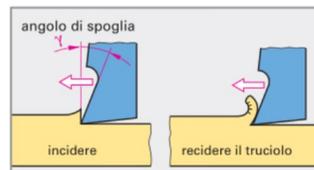


Figura 2: Formazione del truciolo

#### Forme del truciolo (fig. 1)

**Truciolo frammentato.** Si forma per la lavorazione di materiali duri (ghisa), per piccoli angoli di spoglia, per bassa velocità e per grande profondità di taglio. In queste situazioni, la superficie diviene ruvida e imprecisa, sia per la forma sia per le dimensioni.

**Truciolo di tranciatura.** Si forma quando ci sono degli angoli di spoglia medi, durante la lavorazione di materiali tenaci e con velocità di taglio troppo basse. Questi trucioli si sbriciolano in scaglie, si ricongiungono l'uno all'altro saldandosi parzialmente e formano dei trucioli elicoidali corti. Questi non sono di intralcio allo svolgimento del lavoro.

**Truciolo a flusso continuo.** Si forma quando ci sono grandi angoli di spoglia, durante la lavorazione di materiali tenaci, grandi velocità di taglio e una media o debole profondità di taglio. Si ottengono delle superfici lisce di buona qualità. I trucioli continui lunghi possono intralciare la lavorazione alle macchine utensili automatiche.

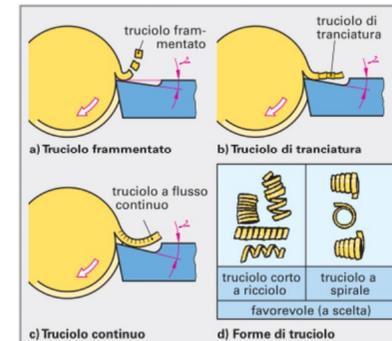


Figura 1: Forme di truciolo

**Tagliente di riporto (fig. 2).** Si forma sulla superficie di spoglia dell'utensile durante l'asportazione di trucioli. Il tagliente di riporto appare quando la velocità di taglio è troppo bassa, quando il raffreddamento e la lubrificazione sono insufficienti o quando la superficie di spoglia è troppo rugosa. Il deposito di particelle di materiale modifica sfavorevolmente il tagliente dell'utensile e produce una superficie del pezzo rugosa. I taglienti di riporto non si formano né sugli utensili in ceramica, né sugli utensili diamantati.

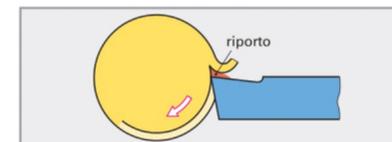


Figura 2: Tagliente di riporto

#### Lubrificazione e raffreddamento nella lavorazione per asporto di truciolo

La lavorazione per asporto di truciolo crea attrito e, di conseguenza, produce calore sul tagliente dell'utensile e sulle zone adiacenti al pezzo. Se nella lavorazione non vi è sufficiente apporto di raffreddamento e di lubrificazione, queste temperature possono raggiungere e superare anche i 1000 °C.

Le conseguenze per insufficiente raffreddamento e lubrificazione sono le seguenti:

- usura prematura dell'utensile;
- imprecisioni dimensionali;
- diminuzione della qualità di finitura;
- formazioni di fessurazioni sulle zone marginali del pezzo;
- diminuzione della resistenza.

Nelle lavorazioni per asporto di truciolo sono utilizzati, a seconda della velocità, prodotti di raffreddamento e lubrificazione a base di oli non miscibili con acqua (oli da taglio additivati) e miscibili con acqua (olio al boro ad emulsione raffreddante e lubrificante).

**Velocità di taglio bassa > richiede poco raffreddamento > prodotti non miscibili con acqua, per esempio per taglio filetti con filiere.**

**Velocità di taglio alta > necessità di raffreddamento elevata > prodotti miscibili con acqua, per esempio per foratura, tornitura, fresatura**

**Smaltimento.** Sono da trattare come rifiuti speciali.

#### DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali movimenti si differenziano per la lavorazione per asporto di truciolo sulle macchine utensili?
- 2 Cosa si intende per velocità di taglio e di avanzamento?
- 3 Quali conseguenze può avere il mancato raffreddamento e la mancata lubrificazione nella lavorazione per asporto di truciolo?

#### 7.4.3.1 Fresatura

La fresatura è una lavorazione a macchina per asportazione di trucioli con utensile a taglienti definiti geometricamente. In questo modo si realizzano superfici piane e curvilinee mediante utensili rotanti a taglienti multipli.

**Applicazioni:** per la fabbricazione di ingranaggi, superfici piane (fig. 3), superfici tridimensionali (fresatura a forma libera) e superfici a forma di elica.

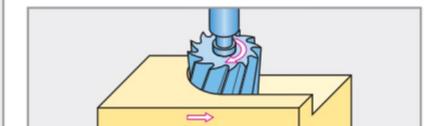


Figura 3: Fresatura frontale con fresa cilindrica

7.4.3.2 Foratura

Nella tecnica dei metalli, la foratura è una lavorazione a macchina per asportazione di trucioli a taglienti geometricamente definiti, prevalentemente mediante utensili a taglienti multipli, per la realizzazione di fori cilindrici.

**Punta elicoidale (fig.1).** È l'utensile per forare più utilizzato. I suoi vantaggi sono:

- angoli dei taglienti favorevoli;
- buone possibilità di bloccaggio al mandrino;
- diametro costante dopo l'affilatura;
- eliminazione automatica del truciolo;
- facilità di raffreddamento e lubrificazione.

**Procedimento di foratura.** Il movimento principale ossia il movimento di taglio è un movimento di rotazione dell'utensile prodotto generalmente da una punta per forare. Contemporaneamente il movimento effettuato assialmente contro il pezzo (avanzamento) da parte della punta produce un'asportazione di truciolo continua. La velocità di taglio dipende essenzialmente dal materiale del pezzo in lavorazione e dal materiale del tagliente della punta. L'avanzamento dipende dal diametro di foratura, dal materiale del pezzo in lavorazione e dal metodo di foratura.

**Geometria dei taglienti di una punta elicoidale (fig. 2)**

**Taglienti principali.** Le due evacuazioni situate sulla punta dell'elica formano le creste di taglio principali. Esse si occupano del lavoro principale di lavorazione per asportazione di trucioli.

**Taglienti secondari.** Sono formati dalla continuità degli incavi di testa e producono un effetto di lisciatura del foro.

**Tagliente centrale.** Ostacola la lavorazione in quanto produce un effetto raschiante, non taglia.

**Spigoli di guida.** Servono per una guida sicura della punta; inoltre contengono l'attrito e, di conseguenza, il pericolo di inceppamento della punta nel foro.

**Angolo di acuità.** È formato dai taglienti principali e viene definito in funzione del materiale in lavorazione. L'angolo di acuità è di 118° per la lavorazione dell'acciaio, dell'acciaio colato, della ghisa grigia e della ghisa temprata.

**Angolo di disimpegno.** Si forma dall'affilatura dei taglienti e permette la penetrazione nel materiale. Per un angolo di acuità di 118° mediante una corretta affilatura si forma un angolo di tagliente centrale di 55°, corrispondente al preciso angolo di disimpegno per la foratura dell'acciaio.

L'angolo dell'elica  $\gamma$  è l'angolo formato tra le superfici delle scanalature (evacuazioni) e l'asse della punta. Esso determina l'angolo di spoglia. L'angolo di taglio e l'angolo di spoglia non possono essere modificati mediante affilatura della punta. Le punte elicoidali del tipo **N, H e W (tab. 1)** hanno un angolo dell'elica la cui grandezza dipende dal diametro della punta e dal materiale da lavorare. Per lavorare l'acciaio, la ghisa e la ghisa malleabile, l'angolo dell'elica appropriato varia da 19° a 40°.

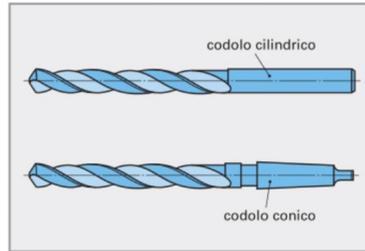


Figura 1: Punta elicoidale a codolo cilindrico e conico

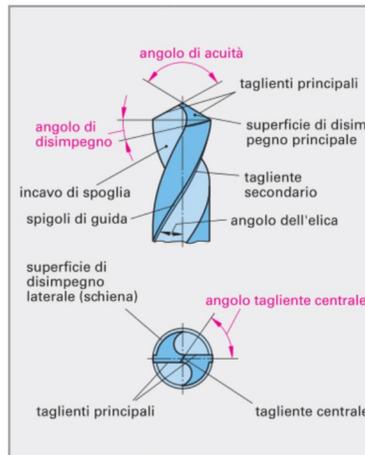


Figura 2: Geometria dei taglienti della punta elicoidale

Tabella 1: Angoli dell'elica			
Tipo di punta			
N	H	W	
$\gamma = 19^\circ \dots 40^\circ$	$\gamma = 10^\circ \dots 19^\circ$	$\gamma = 27^\circ \dots 45^\circ$	
normale	duri ed extra-duri	dolci e tenaci	
Materiali metallici			

**Affilatura della punta elicoidale**

Per l'affilatura precisa di una punta elicoidale si utilizzano utensili specifici di affilatura.

**Errori di affilatura a mano (tab. 1)**

- Taglienti di lunghezza diversi.
- Angoli di tagli differenti.
- Taglienti e angoli di taglio di misura differente.

**Conseguenze di questi errori**

- Diametro dei fori troppo grandi.
- Durata limitata delle punte.

Per evitare questi errori, l'affilatura deve essere controllata mediante una dima. Per angoli di disimpegno troppo grandi, gli spigoli di taglio si rompono a causa dell'indebolimento del tagliente. Per angoli troppo piccoli, l'attrito tra la superficie di disimpegno e pezzo in lavorazione è troppo elevato e la punta si arroventa. Fori di oltre 15 mm vanno preforati per evitare una forza di avanzamento eccessivamente elevata da parte del tagliente centrale. Per questo motivo, le punte sono spuntate, ossia la lunghezza dello spigolo del tagliente centrale è accorciato di circa 1/10 del diametro della punta.

**Macchine per forare (trapani)**

Trapani manuali sono utilizzati per le lavorazioni di precisione minima e sono per lo più provvisti di un mandrino a 3 ganasce.

I trapani elettrici devono essere utilizzati solo se sono in perfetto stato. I cavi, le prese di raccordo o i corpi in cattivo stato rappresentano un pericolo.

I trapani da banco e a colonna (fig. 1) sono adatti per lavori di foratura che richiedono una grande precisione e una capacità di asportazione di trucioli elevata.

**Bloccaggio della punta (fig. 2)**

Punte di piccolo diametro fino a 12 mm possiedono generalmente un codolo cilindrico e vengono bloccate su mandrini a 3 ganasce, pinze di fissaggio oppure boccole ad astuccio elastico. Punte di diametro maggiore possiedono, di norma, un codolo conico che viene inserito assialmente e solidamente nel controcono della colonna del trapano. Per liberare la punta dalla colonna, viene utilizzata una leva apposita (scaccia punta).

**Bloccaggio dei pezzi**

Il bloccaggio dei pezzi deve essere effettuato con cura, prestando attenzione al bloccaggio delle lamiere, in modo che le stesse non si strappino nel caso di inceppamento della punta durante la lavorazione oppure anche durante l'estrazione della punta stessa, al fine di evitare incidenti di lavoro con serie conseguenze. Pezzi di dimensioni minori possono essere bloccati direttamente nella morsa del bancale del trapano a colonna (fig. 1).

Tabella 1: Errori di affilatura		
Taglienti di lunghezza diversi	Angolo di tagli differenti	Taglienti e angoli di taglio di misura differente
Foro troppo grande	Solo un tagliente taglia, si smussa in poco tempo	Foro troppo grande, i taglienti si smussano in poco tempo



Figura 1: Trapano a colonna

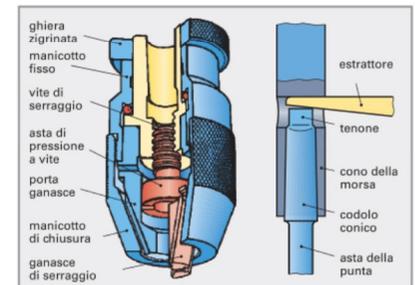


Figura 2: Mandrino a serraggio rapido

Punta a codolo conico

## REGOLE DI LAVORO

- Attenersi alla massima pulizia dei foderi conici, boccole di riduzione, codoli delle punte.
- Non forzare la punta nel mandrino.
- Osservare che la punta sia fissata solidamente e che giri con precisione.
- Non aggiustare la punta battendola.
- Mai montare punte coniche in un mandrino per punte cilindriche.
- Bulinare il centro della foratura ed effettuare un foro preliminare se necessario.
- Fissare bene il pezzo durante la foratura.
- Scegliere il tipo di punta adatto con la corretta affilatura, attenersi alla velocità di taglio e avanzamento prescritti.
- Utilizzare un prodotto di raffreddamento/lubrificazione adeguato.

## 7.4.3.3 Svasatura

Si tratta di un procedimento di foratura particolare atto a realizzare superfici piane (ribassi profondi) oppure coniche perpendicolari all'asse di lavorazione di un foro già esistente. Per questo tipo di lavorazione, bisogna adottare una velocità di taglio inferiore a quella di foratura.

## Tipi di utensili da svasatura e loro applicazione

Questi utensili sono dotati di una dima di guida fissa o intercambiabile che provvede alla guida dell'utensile nel foro esistente. Utensili per creare ribassi profondi (fig. 1) sono adottati, per esempio, per realizzare ribassi cilindrici piani per teste di viti a esagono interno, TORX oppure a croce interna.

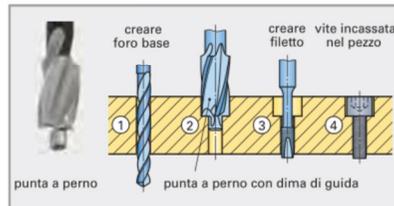


Figura 1: Punta a perno per la fabbricazione di sedi

**Svasatori conici (fig. 2).** Sono utensili a uno o tre taglienti oppure a taglienti multipli. Esistono in versione con guida o senza. Sono adottati per realizzare svasature a profilo conico per sedi di teste di rivetti oppure viti a testa svasata.

## PREVENZIONE DEGLI INCIDENTI

- Indossare capi di lavoro con buona aderenza e maniche strette.
- In presenza di una lunga capigliatura, indossare cuffie di contenimento (per esempio, retine).
- Rimuovere subito dopo l'uso chiavi di serraggio dal mandrino o scacciapunte dalla colonna.
- Indossare occhiali di protezione per la lavorazione di materiali duri.
- Bloccare i pezzi con cura e assicurarli contro lo strappo dalla propria sede.
- Applicare tutte le misure di sicurezza durante la lavorazione.
- Liberare i trucioli mediante un pennello o un aspiratore.
- Fare riparare subito danni all'impianto elettrico solamente da parte di un elettricista qualificato (mai ripararli di persona).

Gli angoli di acuità di questi utensili sono così normalizzati:

- 60° per sbavature;
- 75° per rivetti;
- 90° per incassi di viti e filetti interni;
- 120° per rivetti da lamiera.

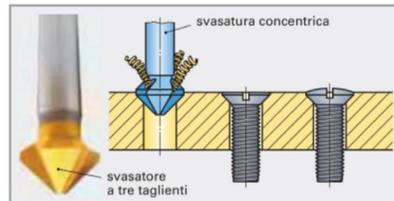


Figura 2: Svasatore conico di profilatura

## DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali misure possiedono gli angoli di acuità, di tagliente centrale e di elica per la foratura nell'acciaio?
- 2 Quale errore di affilatura dei taglienti causa l'ingrandimento del foro?
- 3 Citate le ragioni possibili che provocano il riscaldamento e la perdita di temprà delle punte.
- 4 A cosa si deve prestare attenzione nel serraggio degli utensili e dei pezzi?
- 5 Perché si devono portare occhiali di protezione quando si forano materiali duri?
- 6 Quali angoli possiedono gli svasatori conici?

## 7.4.3.4 Tornitura

La tornitura è un procedimento di lavorazione per asportazione di trucioli mediante un utensile a tagliente unico, geometricamente definito, per mezzo del quale vengono realizzate superfici rotonde oppure piane.

## Classificazione dei metodi di tornitura

Viene definita secondo i seguenti criteri:

- posizione delle superfici di lavorazione, in tornitura esterna e in tornitura interna;
- senso di avanzamento, in tornitura longitudinale (tornitura rotonda) e in tornitura trasversale (radiale, tornitura piana) (fig. 1).
- superfici realizzate, in tornitura rotonda, tornitura piana, tornitura di formatura, tornitura di filetti.

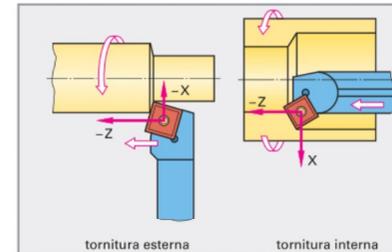


Figura 1: Posizione delle superfici di lavorazione

## Movimenti di avanzamento durante la tornitura (fig. 2)

**Movimento di taglio.** Il movimento principale è eseguito dal pezzo stesso posto in rotazione. La velocità di taglio risulta dal diametro e dalla velocità di rotazione del pezzo lavorato e nella scelta bisogna considerare:

- materiale del pezzo lavorato;
- materiale dell'utensile da taglio;
- raffreddamento/lubrificazione.
- qualità di finitura di superficie.

**Movimento di avanzamento.** Per la tornitura longitudinale, si procede sull'asse Z (asse del pezzo), per la tornitura piana sull'asse X (perpendicolarmente all'asse del pezzo, tornitura radiale). L'avanzamento  $s$  viene indicato in mm per unità di rotazione (giro).

**Movimento di avvicinamento.** Per la tornitura longitudinale, si procede sull'asse X, per quella radiale sull'asse Z. La profondità di taglio  $a$  corrisponde all'avvicinamento dell'utensile di taglio.

Grazie all'azione congiunta del movimento di taglio e di quello di avanzamento, si ottiene un truciolo di sezione  $A$ .

**Sezione di truciolo  $A$  (fig. 2).** È una risultante dell'avanzamento  $s$  e della profondità di taglio  $a$ . Per grandi asportazioni di truciolo, si deve operare in più stadi, ossia mediante più passate, per esempio inizialmente per la sgrassatura e, in seguito, per la finitura.

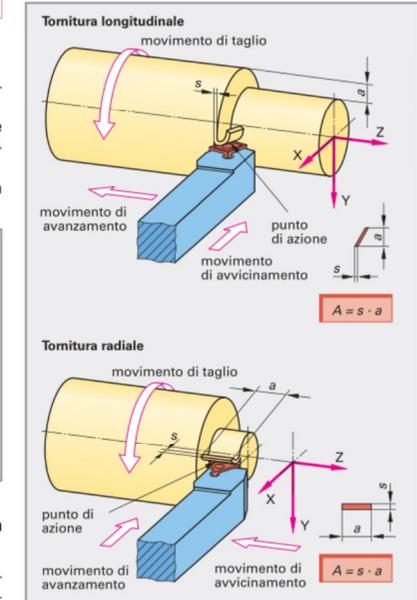


Figura 2: Azione dei movimenti di tornitura

**Forme di utensili di tornitura (fig. 3).** Si differenziano per:

- senso di taglio (**D** taglio a destra, **S** taglio a sinistra, **N** taglio neutro);
- posizione di attacco, utensile per esterno e utensile per interno.

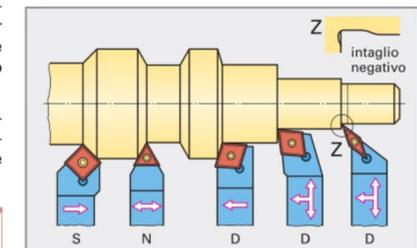


Figura 3: Utensili di tornitura per esterno

### Geometria dell'utensile

**Angoli e superfici (fig. 1).** L'utensile di tornitura corrisponde nella sua forma base ad un cono con un angolo di disimpegno  $\alpha$ , un angolo di acuità  $\beta$  e un angolo di spoglia  $\gamma$ . Il truciolo mediante l'utensile di tornitura è asportato dalla superficie del pezzo lavorato.

**Tagliente principale e tagliente secondario.** Il tagliente principale è orientato nel senso dell'avanzamento e produce, di fatto, l'asportazione del truciolo. Tagliente principale e tagliente secondario formano il vertice (punta) arrotondato del tagliente, che determina la profondità dei solchi di taglio.

**Angolo di disimpegno  $\alpha$ .** È l'angolo definito dalla superficie di disimpegno con la tangente alla superficie di taglio. Il suo valore determina l'attrito, così come la pressione si esercita tra la superficie del pezzo e l'utensile di lavorazione.

**Angolo di acuità  $\beta$ .** È l'angolo formato dalla superficie di disimpegno e quello di spoglia. Il suo valore dipende dal materiale lavorato.

**Angolo di spoglia  $\gamma$ .** È l'angolo formato dal piano orizzontale rispetto all'asse di rotazione e la superficie di spoglia.

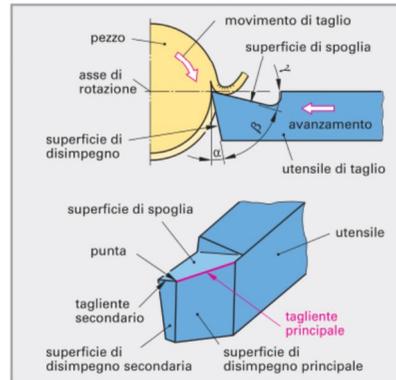


Figura 1: Angoli e superfici degli utensili di tornitura

**Placchette amovibili (fig. 2).** Dispongono di diversi lati di taglio, attivabili semplicemente variando la posizione oppure capovolgendo la placchetta nella propria sede.

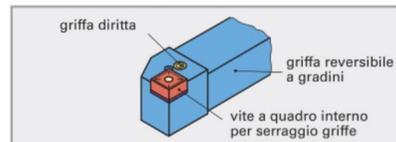


Figura 2: Porta utensile con placchetta amovibile

### Bloccaggio dell'utensile

L'utensile deve essere bloccato solidamente e non deve sporgere troppo dal portautensili. Lo spigolo di taglio (punta) è posizionato di norma al centro del pezzo, all'altezza dell'asse di rotazione. Con questa regolazione, l'angolo di disimpegno e quello di spoglia ottengono il loro valore corretto.

### Bloccaggio dei pezzi

I pezzi da tornire devono essere bloccati sul tornio in funzione della loro forma. Sono utilizzati i seguenti sistemi di fissaggio:

- mandrino;
- puntali (punta e contropunta);
- pinza di serraggio;
- disco piatto.

**Mandrino (fig. 3).** Esistono mandrini a 3 o a 4 ganasce (griffe). Pezzi di forma cilindrica possono essere fissati indifferentemente su ambedue i mandrini. I pezzi a più lati divisibili per 3 vengono fissati nei mandrini a 3 griffe, mentre quelli con il numero di facce divisibili per 4 nei mandrini a 4 griffe.



Figura 3: Mandrino a 3 griffe

### REGOLE DI LAVORO

- Le ganasce (griffe) non devono sporgere troppo dal mandrino.
- La forza di serraggio deve essere adeguata al pezzo e alla forza di lavorazione.
- Rimuovere la chiave di serraggio dal mandrino subito dopo il serraggio.
- Bloccare l'utensile centralmente al pezzo in modo solido e il meno sporgente possibile.
- Mai serrare o rimuovere l'utensile durante il funzionamento del tornio.

### DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Qual è la direzione di avanzamento durante la tornitura longitudinale e trasversale?
- 2 Per quale motivo l'utensile deve essere posizionato centralmente al pezzo?
- 3 Quali regole di lavoro devono essere osservate durante la lavorazione al tornio?

### 7.4.3.5 Molatura

La molatura è un procedimento di lavorazione mediante taglianti senza geometria definita (fig. 1).

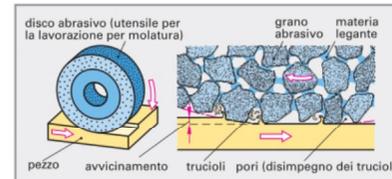


Figura 1: Procedimento di lavorazione per molatura

Nella tecnica di fabbricazione mediante la lavorazione per molatura, si possono ottenere grandi precisioni dimensionali e di forma con elevata qualità di finitura superficiale. Le principali lavorazioni per molatura nel settore automobilistico sono:

- smerigliatura di troncatura (lavori di riparazione);
- finitura di superfici (rettifica oscillante);
- rettifica piana (piani di testate motore);
- rettifica di profili (profilatura di forme ad eccentrico, assi a camme);
- affilatura di utensili (punte elicoidali).

**Corpi abrasivi (mole).** Sono costituiti da materie abrasive e da materie leganti.

**Materie abrasive.** La denominazione delle materie abrasive avviene mediante lettere maiuscole. Quelle più utilizzate sono: corindone comune, corindone semi nobile (semi-fine), corindone nobile (fine) (A), carburo di silicio (C), nitruro di boro (B) e diamante (D).

**Materie leganti.** Si distinguono in materie anorganiche, come leganti ceramici (V), e materie organiche, come resine sintetiche (B), gomma/caucciù (R), composti di gomma/caucciù rinforzati con fibre (RF). Il legame dei grani abrasivi prodotto dalla materia legante è definito come grado di durezza, indicato con lettere alfabetiche (A, B, C, D ... X, Y, Z corrispondenti ad altamente dolce ... altamente duro).

Per materiali duri si deve optare per corpi abrasivi a materia legante tenera, per materiali teneri si deve invece optare per corpi abrasivi a materia legante dura.

**Indice di grana.** Secondo le norme americane, corrisponde al numero di reticoli di un setaccio in 1 pollice di lunghezza, attraverso cui i grani passano attraverso da parte a parte. Secondo le norme standard europee (FEPA-Standard = Federazione Europea dei Prodotti Abrasivi), la grana viene indicata con la lettera P seguita da un indice, per esempio grana per abrasione fine: P 500 (FEPA-Standard)

**Indice di struttura (fig. 2).** Indica il rapporto tra i grani abrasivi, la materia legante e lo spazio dei pori nel corpo abrasivo. Tanto maggiore è l'indice di struttura, tanto più aperta risulta la struttura.

Quanto maggiore è l'asportazione di trucioli, tanto più aperta deve essere la struttura.

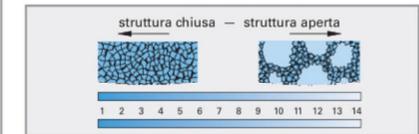


Figura 2: Indice di struttura

### 7.4.3.6 Lavorazione di precisione (finitura)

Mediante la finitura di componentistica relativa al settore automobilistico, si possono ottenere le seguenti proprietà:

- minima rugosità;
- alto fattore di carico;
- buone proprietà di scorrevolezza;
- alta precisione dimensionale, di forma e di posizione.

La lavorazione di finitura è effettuata con movimento di avanzamento e profondità di taglio molto piccoli.

### Lappatura

La lappatura è una finitura mediante asportazione di trucioli con corpi abrasivi non legati, dotati di taglianti geometricamente indefiniti.

Nella lappatura, una miscela specifica composta da acqua e polvere (corindone, silicio o carburi di boro) viene apportata tra il pezzo e l'utensile (corpo abrasivo). Con l'azione di pressione e di continui cambiamenti di posizione, il pezzo e il corpo abrasivo sono costantemente mossi l'uno contro l'altro (fig. 3).

**Lappatura cilindrica interna (fig. 3).** Permette di accoppiare due pezzi uno in rapporto all'altro come, per esempio, le parti di una pompa di iniezione o le valvole di comando dei cambi automatici.

**Lappatura piana.** Con questo procedimento si realizzano superfici piane finissime che garantiscono la tenuta ermetica senza necessità di interposizione di una guarnizione, come superfici di giunzione di pompe d'olio a ingranaggi.

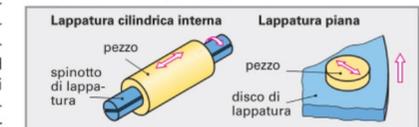


Figura 3: Procedimenti di lappatura

### Levigatura (rettifica)

La levigatura è una lavorazione di finitura per asportazione di trucioli mediante corpi abrasivi dotati di taglienti senza geometria definita.

Questo procedimento è utilizzato per la rettifica, per esempio, di cilindri pompa freno principale, di cilindretti freno, di cilindri motore (fig. 1). Nella rettifica di cilindri motore, si ottiene un taglio di levigatura incrociato mediante i movimenti contemporanei di rotazione e di spostamento assiale. Con questa lavorazione, l'aderenza dell'olio di lubrificazione sulle pareti del cilindro viene sensibilmente migliorata.

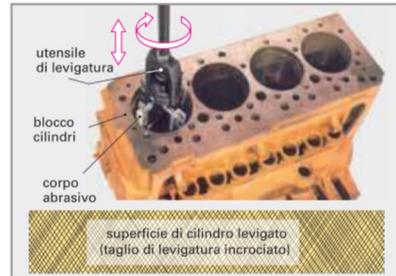


Figura 1: Rettifica cilindri

#### 7.4.3.7 Procedimenti specifici di riparazione per autoveicoli

Per l'esecuzione a regola d'arte di riparazioni di parti meccaniche di autoveicoli, sono adottati procedimenti particolari mediante macchinari specifici.

**Rettifica sedi valvole (tornio-manuale, fig. 2).** Con questa apparecchiatura si realizza la sagomatura e la finitura delle sedi valvole con un unico procedimento. La spina di guida dell'utensile va introdotta, senza gioco e con il corretto angolo di inclinazione, nella guida della valvola. Con un utensile unico a tre taglienti (45° angolo sede valvola, 15° e 75° angoli di profilatura), si eseguono tre stadi di lavorazione con un'unica operazione.



Figura 2: Tornio-manuale per sedi valvole



Figura 3: Rettifica per valvole

**Rettifica per valvola (fig. 3).** Con questo apparecchio si rettificano le sedi del fungo valvola. Lo stelo della valvola è inserito nel cono elastico di centraggio

della fantina e guidato mediante la lunetta. Avvicinamento e orientamento dell'angolo di lavorazione si effettuano mediante la torretta porta utensile.

**Tornio per guarnizioni di ceppi freno (fig. 4).** Si possono lavorare le guarnizioni sovradimensionate quando sono montate sul porta ceppi per poi adattarle alle nuove quote scelte in corrispondenza al diametro del tamburo. Si fissa l'apparecchio sul cono dell'asse. Si possono eliminare i seguenti errori:

- ceppi freno deformati;
- supporti porta ceppi deformati;
- differenze di rotondità delle guarnizioni.

Durante la tornitura, la polvere delle guarnizioni deve essere eliminata mediante un aspiratore.



Figura 4: Apparecchio di tornitura per guarnizioni di ceppi freno

**Rettificatrice-fresatrice per blocchi e testate motore (fig. 5).** Sono macchine speciali indicate per la lavorazione di superfici di tenuta, spianatura delle teste e dei corpi in ghisa o in lega d'alluminio. Il pezzo da lavorare è fissato sul banco della macchina e si sposta longitudinalmente avanti e indietro. I movimenti di taglio e di avanzamento sono eseguiti da una mola segmentata rotante, posizionata sulla testa dell'utensile. Per la rettifica di strutture in alluminio, si utilizzano dischi muniti di utensili da taglio al posto di dischi a segmenti abrasivi.



Figura 5: Macchina rettificatrice-fresatrice per blocchi e testate motore

### 7.5 Separazione senza asportazione di trucioli

Si tratta di un procedimento di separazione meccanica con cui si realizza un pezzo con forma prestabilita senza asportazione di trucioli. Si distingue in taglio per recisione con forbici o cesoie e in troncatura con tagliente cuneiforme.

#### 7.5.1 Taglio per recisione con forbici

Il taglio per recisione con forbici è un procedimento di frazionamento in assenza di truciolo realizzato mediante l'azione incrociata di due taglienti che si muovono affiancati uno all'altro.

Con questo procedimento, il pezzo viene diviso.

**Taglio chiuso.** Questo tipo di taglio si configura con una linea chiusa, per esempio per il taglio in serie di fori su lamierati (punzonatura).

**Taglio aperto.** La linea di taglio risulta aperta, con un inizio e una fine. Il pezzo viene frazionato da forbici, per esempio per il ritaglio di una striscia di lamiera con cesoie da lamiera.

#### Recisione con cesoia

Con la recisione mediante cesoia a mano oppure mediante una taglierina, le lame recidono circa 7/10 dello spessore della lamiera, la porzione di sezione rimanente cede, trappassata completamente per cedimento (rottura) del materiale. Le lame di taglio delle cesoie possiedono un angolo di spoglia di circa 5°. Questa configurazione del tagliente facilita la penetrazione nel materiale. L'angolo di disimpegno di 1,5° fino a 3° diminuisce l'attrito dell'azione di taglio (fig. 1).

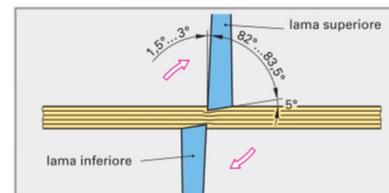


Figura 1: Angoli delle lame da taglio

**Cesoie a mano.** Servono per tagliare lamiera fino a uno spessore massimo di 1,8 mm. Si differenziano a seconda della destinazione di utilizzo.

**Cesoie per taglio passante (fig. 2).** Sono utilizzate per tagli continui lunghi e rettilinei. Il perno di leva delle lame è posizionato sopra il piano della lamiera la quale scorre sotto il livello della mano e, di conseguenza, non sussiste il pericolo di ferirsi. Il ritaglio e la parte rimanente non subiscono deformazioni.

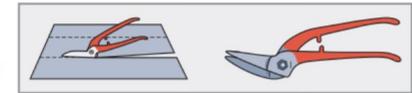


Figura 2: Cesoia per taglio passante

**Cesoie specifiche per taglio curvilineo (fig. 3).** Sono adottate sia per il taglio curvilineo sia per quello rettilineo.



Figura 3: Cesoia per taglio curvilineo

**Cesoie per scorniciare.** Sono utilizzate per il taglio incavato. Il taglio inizia generalmente da un foro già esistente.

**Cesoie roditrici (fig. 4).** Recidono lamiera sottili anche di forma arcuata oppure ondulata senza deformare la superficie della lamiera. Con il taglio si produce una stretta striscia (fettina) di materiale che si srotola a forma di spirale, i bordi del taglio sono netti e privi di bave. Si possono realizzare tagli di forme diverse con raggi minimi e intagli a forma rettangolare senza impedimento causato dal truciolo.



Figura 4: Cesoia roditrice

**Cesoie roditrici ad aria compressa (fig. 5).** Sono usate per le riparazioni di carrozzeria, sia per il taglio rettilineo che curvilineo.

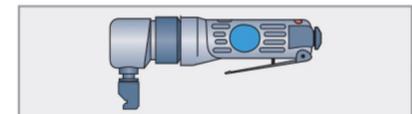


Figura 5: Cesoia roditrice ad aria compressa

**Cesoie a leva (fig. 6).** Tranciano lamiera fino a circa 8 mm di spessore.

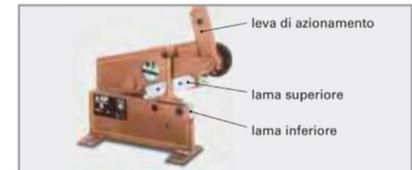


Figura 6: Cesoia a leva

### 7.5.2 Troncatura

La troncatura è un processo meccanico senza asportazione di trucioli per il taglio di lamiere mediante uno o due spigoli di taglio a forma conica.

La troncatura si differenzia in:

- taglio a coltello con tagliente unico, per esempio mediante punzone;
- taglio mordente con due taglienti, per esempio tronchese laterale;

Procedimento di taglio per troncatura (fig. 1):

- pre-intaccare il pezzo mediante il tagliente unico oppure i due taglienti;
- intaccare e respingere il materiale;
- allontanare una parte dall'altra il materiale ed infine strappare il pezzo.

Il procedimento di taglio per troncatura (fig. 1) avviene unicamente mediante il cuneo di taglio, attuata da ambedue le facce del tagliente; non si ha, pertanto, né un angolo di disimpegno né un angolo di spoglia.

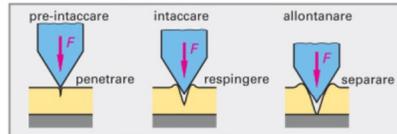


Figura 1: Procedimento di taglio per troncatura

Angolo di cuneo	Grande	Piccolo
forza di penetrazione	grande	piccola
forza di divisione	piccola	grande
durata utensile	grande	piccola

#### Troncatura a coltello

Gli utensili per la troncatura a tagliente unico dividono il pezzo mediante un tagliente cuneiforme. Nella troncatura a coltello di materiali morbidi, per esempio il sughero, a fine taglio il tagliente penetra nel materiale di supporto sottostante, motivo per il quale anche il medesimo deve essere di materiale morbido in modo che il tagliente non venga danneggiato. Gli utensili per la troncatura a coltello sono scalpelli piatti, scalpelli ricurvi, fustelle e taglia-tubi (figg. 2 e 3).

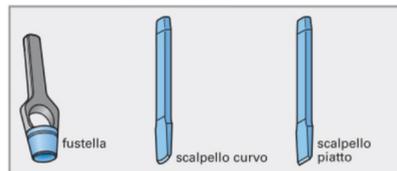


Figura 2: Utensili a tagliente unico

**Taglia-tubi (fig. 3).** Serve per il taglio ad angolo retto di tubi (tubi freno). Agendo sulla vite di avvicinamento, le molle Belleville (o a tazza) si comprimono e il rullo tagliente penetra nel materiale del tubo. Ruotando l'attrezzo taglia-tubi, si ottiene il taglio del tubo per la forza esercitata dalle molle Belleville messe in compressione in precedenza. La regolazione della compressione avviene per mezzo della vite di avvicinamento.

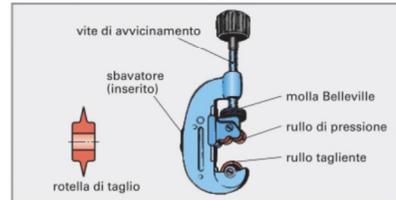


Figura 3: Attrezzo taglia-tubi

#### Taglio a mordente

Utensili a due taglienti (fig. 4) separano il pezzo mediante il movimento contrapposto dei due taglienti cuneiformi. La separazione avviene dai due lati del pezzo.

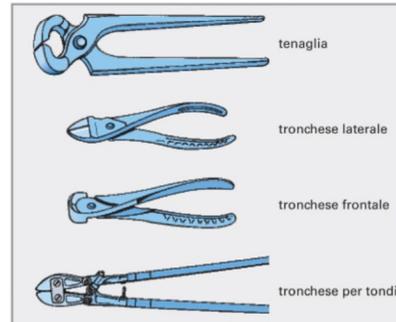


Figura 4: Utensili a due spigoli di taglio

#### REGOLE DI LAVORO

- Indossare guanti di protezione durante i lavori di taglio su lamiera.
- Procedere sempre alla sbavatura dei pezzi lavorati.

#### DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quale differenza esiste tra un taglio con forbici e un taglio con un tagliente cuneiforme?
- 2 Qual è la differenza tra un taglio con cesoie e uno con lo scalpello?
- 3 Qual è il processo di taglio con uno scalpello?

### 7.6 Assemblaggio

L'assemblaggio è l'unione di due o più pezzi, che sono così rinforzati grazie ad una migliore coesione nella zona di congiunzione.

Nel settore automobilistico, a seconda delle caratteristiche richieste, sono adottate diverse tipologie di assemblaggi, per esempio, per saldatura, incollaggio, a rivetti, a vite, ad albero scanalato e per rivestimento.

#### 7.6.1 Suddivisione dell'assemblaggio

Suddivisione per	Tipologia, esempi
<b>Coesione</b>	<b>solida</b> (giunzioni a vite, a morsetto, pressata, ecc.) <b>di forma</b> (giunzioni a impedimento, vite calibrata, ecc.) <b>di forma prebloccati</b> (giunzioni albero-mozzo con chiavetta tonda) <b>di materia</b> (giunzioni per saldatura, incollaggio, ecc.)
<b>Mobilità</b>	<b>mobile</b> (guide a slitta) <b>fissa</b> (giunzioni a vite, saldata, a rivetti)
<b>Separabilità</b>	<b>scomponibile</b> (giunzione a vite) <b>non scomponibile</b> (giunzioni brasate, a rivetti, saldate)

#### Suddivisione per modalità di coesione

**Assemblaggi a vincolo solido** sono per esempio:

- giunzioni avvitate;
- giunzioni pressate;
- giunzioni a morsetto;
- giunzioni ad attrito.

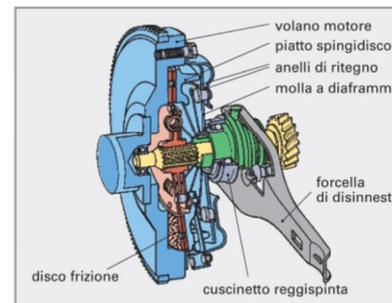


Figura 1: Assemblaggio a vincolo solido

Durante l'assemblaggio, le componenti vengono pressate l'una contro l'altra, in modo tale che l'attrito sia sufficiente per trasmettere le forze di trazione.

**Esempio: frizione monodisco (fig. 1).** Il disco frizione viene spinto con forza dal piatto spingidisco contro il volano motore in modo tale che il momento di forza (coppia motrice) del motore possa essere trasmesso sul disco frizione medesimo.

**Assemblaggi a vincolo di forma** sono, per esempio:

- giunzioni spinate;
- giunzioni a chiavetta di precisione;
- giunzioni a vite calibrata;
- giunzioni a impedimento.

Le parti vengono unite mediante una forma geometrica aderente, in modo tale che le forze applicate possano essere trasmesse.

**Esempio: assemblaggio a impedimento (fig. 2).** In questo tipo di assemblaggio, le scanalature dell'albero a profili fresati si innestano nelle corrispondenti scanalature del mozzo e in questo modo trasmettono il momento di forza dall'albero al mozzo stesso.

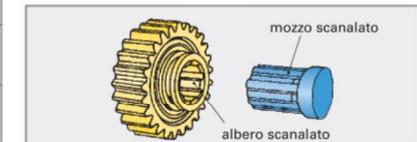


Figura 2: Assemblaggio a impedimento

**Assemblaggi a vincolo di forma prebloccati** sono, per esempio, le giunzioni albero-mozzo con chiavetta tonda (fig. 3). Con questa soluzione le parti vengono assemblate a vincolo solido e di forma. Le forze applicate sono prima trasmesse mediante l'aderenza ai punti di contatto dei due pezzi. Se però la forza di attrito non è più sufficiente, la trasmissione delle forze applicate viene garantita dal vincolo di forma (chiavetta).

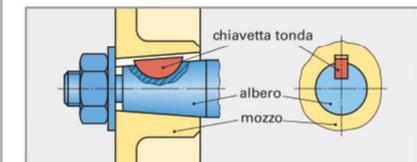


Figura 3: Assemblaggio di forma prebloccato

**Assemblaggi a vincolo di materia** sono, per esempio:

- giunzioni per saldatura;
- giunzioni per brasatura;
- giunzioni per incollaggio.

Le parti sono congiunte in modo tale che le forze applicate sulle medesime siano trasmesse per coesione e adesione di materia.

**Coesione.** Con l'assemblaggio per saldatura, le superfici di contatto delle parti da unire sono fuse tra di loro. Mediante la brasatura, le superfici di contatto si uniscono con la fusione del materiale di apporto.

**Adesione.** Con l'assemblaggio per incollaggio, la colla si solidifica sulle superfici di giunzione delle parti da unire.

**Suddivisione per mobilità**

**Assemblaggi mobili** sono, per esempio:

- binari;
- filetti a spirale con dado;
- manicotti scorrevole su albero cardanico;
- forcelle snodate.

Con questi sistemi di giunzione, le parti hanno la possibilità di modificare la loro posizione, le une in rapporto alle altre e dentro determinati limiti (fig. 1).

**Assemblaggi fissi** sono per esempio:

- giunzioni a vite;
- giunzioni spinate;
- giunzioni rivettate;
- giunzioni pressate.

Con questi sistemi, le parti assemblate non possono più spostarsi tra di loro (fig. 2).

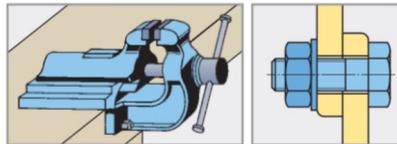


Figura 1: Guida con slitta, assemblaggio mobile. Figura 2: Vite, assemblaggio fisso.

**Suddivisione per separabilità**

**Assemblaggi scomponibili** sono, per esempio:

- giunzioni a vite;
- giunzioni a morsetto;
- giunzioni a chiave; • giunzioni spinate.

Questi assemblaggi possono essere scomposti e ricomposti senza distruzione o rottura degli elementi di giunzione (fig. 3).

**Assemblaggi non scomponibili** sono, per esempio:

- giunzioni saldate;
- giunzioni incollate;
- giunzioni brasate;
- giunzioni rivettate.

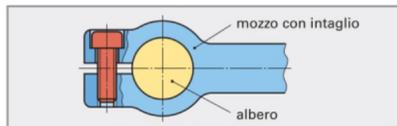


Figura 3: Giunzione a morsetto scomponibile

Questo tipo di assemblaggio può essere scomposto unicamente mediante la rottura delle parti oppure degli elementi di vincolo.

**DOMANDE DI RIPASSO**

- 1 Quali sono i sistemi di assemblaggio?
- 2 Cosa si intende per assemblaggio a vincolo solido?
- 3 Quale modalità di giunzione si realizza mediante un assemblaggio a impedimento?
- 4 Quale tipo di giunzione si realizza mediante saldatura?

**7.6.2 Filettatura**

Gli elementi costruttivi sono spesso assemblati mediante l'avvitamento di un filetto esterno con un filetto interno.

**Linea d'elica.** La linea elicoidale è creata quando un piano inclinato viene avvolto attorno a una forma cilindrica (fig. 4).

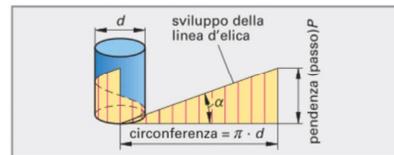


Figura 4: Linea d'elica

In questo modo, la base del piano inclinato corrisponde alla circonferenza del corpo cilindrico e la rispettiva altezza corrisponde al passo P della linea d'elica. Il lato opposto all'angolo retto corrisponde alla lunghezza della linea d'elica. L'angolo compreso tra la linea di base e la linea d'elica forma l'angolo di pendenza (angolo di passo  $\alpha$ ).

**Suddivisione dei filetti.** I filetti possono essere suddivisi secondo:

- profilo;
- destinazione di utilizzo;
- avanzamento;
- strutturazione del filetto.

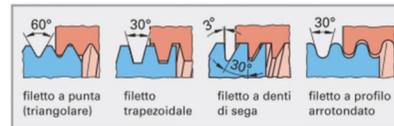


Figura 5: Tipi di profili di filetto

**Tipi di profili di filetto (fig. 5).** Esistono filetti a punta (triangolari), trapezoidali, a denti di sega, a profilo arrotondato. Viti per lamiera e legno possiedono filetti specifici.

**Filetti di fissaggio.** Sono prevalentemente delle filettature triangolari. L'attrito sui fianchi del filetto provoca un autobloccaggio permanente: ciò significa che le viti non possono allentarsi da sole. Un autobloccaggio è garantito quando l'angolo del passo è inferiore a 15°.

**Filetti di movimento (filetti di manovra).** Sono principalmente filetti trapezoidali, a dente di sega oppure a profilo arrotondato e possono trasformare il movimento rotatorio in uno spostamento assiale di traslazione (lineare), per esempio, scatole guida, oppure trasformare il movimento lineare in rotatorio.

**Avanzamento (fig. 1).** Le filettature si differenziano in filetti a uno oppure più principi. L'avanzamento indica quanti passi di filetto (linee d'elica) si sviluppano attorno al cilindro ed è definito dalla quantità di entrate nel filetto stesso. Filettature a più principi possiedono una grande pendenza (passo effettivo) e, in questo modo, mediante una piccola rotazione si ottiene un grande movimento assiale, con grande capacità di carico.

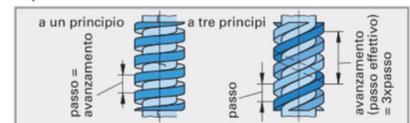


Figura 1: Filetto a un principio e filetto a più principi

**Struttura del filetto e classificazione secondo norme.** La classificazione secondo norme dei profili di filetto definisce i seguenti parametri (fig. 2):

- diametro esterno;
- diametro di nocciolo;
- diametro medio (ai fianchi);
- angolo dei fianchi;
- passo;
- configurazione del profilo.

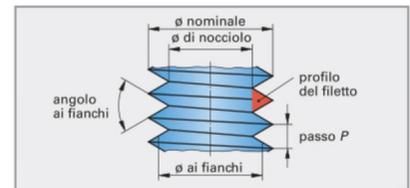


Figura 2: Parametri di definizione del filetto

**Filettatura metrica ISO.** È la filettatura normale (fig. 3). L'angolo dei fianchi è di 60°.

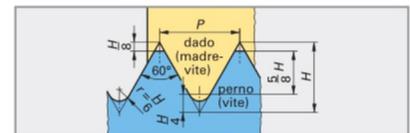
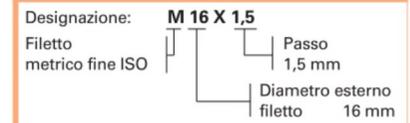


Figura 3: Filetto metrico ISO



**Filettatura metrica fine ISO.** Possiede angoli dei fianchi uguali, ma una minore profondità del filetto. Di conseguenza, a parità di coppia di serraggio rispetto a un filetto normale, garantisce una maggiore forza di bloccaggio.



I vantaggi della filettatura fine rispetto a quella normale consistono in:

- maggior azione di tenuta ermetica;
- maggior forza di serraggio e di autobloccaggio a parità di coppia di serraggio.

**DOMANDE DI RIPASSO**

- 1 Come viene creata una linea d'elica?
- 2 Per quale motivo si usano i filetti a più principi?
- 3 Quali sono i principali tipi di filettatura?
- 4 Cosa si intende per passo di filetto?

**7.6.3 Assemblaggi avvitati**

Sono, generalmente, delle giunzioni a vincolo solido scomponibili, in certi casi anche a vincolo di forma.

Le viti che sono utilizzate per questa modalità di assemblaggio si differenziano in particolare modo dalla forma della testa e da quella del gambo.

Per garantire una sufficiente trasmissione di forza, si deve considerare una profondità minima di avvittamento.

**Viti e dadi**

**Viti a testa esagonale.** Sono utilizzate con dadi in fori passanti (fig. 4) o senza dadi nei fori filettati, dove la filettatura femmina è praticata nel pezzo (fig. 1, pag. 146).

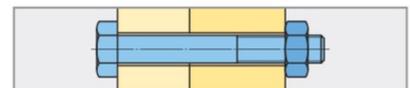


Figura 4: Vite a testa esagonale come vite passante

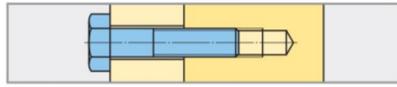


Figura 1: Vite cieca a testa esagonale

**Viti a testa cilindrica a esagono incassato** (vite Imbus, fig. 2) occupano meno spazio in quanto il diametro della testa cilindrica è inferiore al diametro compreso dell'esagono, motivo per cui è possibile diminuire la distanza tra le viti.

La testa è spesso montata a incasso nel pezzo. Sono impiegate anche viti a testa cilindrica sia a dentatura interna sia a denti conici interni.

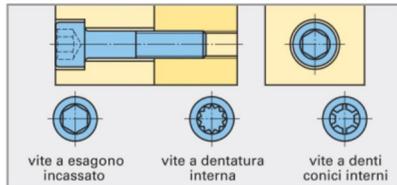


Figura 2: Vite a testa cilindrica

**Viti TORX** (fig. 3). Possiedono una testa a sei denti a forma di stella ricavati all'interno (vite TORX interna) oppure all'esterno (vite TORX esterna) per l'inserimento del relativo utensile di serraggio.

Per i raccordi arrotondati del profilo e la conseguente maggior superficie di presa dell'utensile, con questo tipo di viti è possibile applicare elevate coppie di serraggio senza sollecitare oltre modo i contorni della testa della vite e il relativo utensile di serraggio.

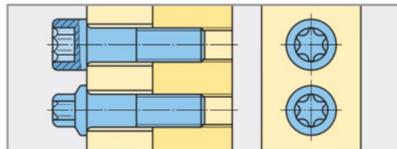


Figura 3: Viti TORX

**Viti senza testa** (vite a perno o prigioniera, fig. 4). Rimpiazzano le viti quando l'assemblaggio deve essere smontato frequentemente e se il filetto femmina del pezzo rischia di danneggiarsi.

Il prigioniere è avvitato con l'estremità filettata più corta nel filetto femmina del pezzo e poi viene bloccato definitivamente con l'aiuto di un apposito attrezzo. Per smontare l'assemblaggio, si sviterà solo il dado esagonale.

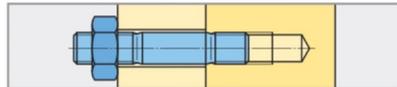


Figura 4: Vite prigioniera

**Viti di centraggio** (fig. 5). Hanno un gambo levigato con un diametro leggermente più grande del diametro della filettatura; queste viti sono inserite nel foro di precisione. Attraverso il gambo della vite, è possibile trasmettere elevate forze trasversali fra i due pezzi. Inoltre, le viti di centraggio permettono di trasmettere delle forze che agiscono da collante nella zona di separazione tra le superfici di contatto dei pezzi assemblati. Gli assemblaggi così eseguiti garantiscono la precisione della posizione di un pezzo rispetto all'altro.

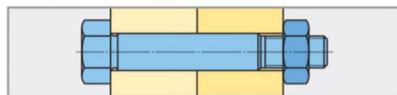


Figura 5: Vite di centraggio

**Viti di centraggio estensibili** (fig. 6). Sono adottate quando la connessione delle parti è sottoposta a carichi d'esercizio variabili e continui, per esempio al piede di biella. In seguito ai continui carichi variabili, le viti convenzionali a gambo tenderebbero dopo un certo periodo di tempo all'allentamento oppure alla rottura per lo sforzo, anche nel caso di dimensionamento adeguato.

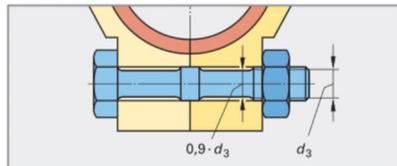


Figura 6: Vite di centraggio estensibile

Il diametro del gambo della vite di centraggio estensibile raggiunge solo il 90% del diametro del nocciolo del filetto, ad eccezione di quella sezione dove la vite deve essere a contatto con i fori alesati. Il diametro ridotto del gambo permette alla vite di estendersi nel campo elastico. Le viti d'estensione sono bloccate al valore prescritto con l'aiuto di una chiave dinamometrica. La coppia di serraggio della vite è nettamente più elevata della forza che si esercita durante il funzionamento. Quando è in funzione, la vite estensibile può essere sollecitata fino a sfiorare il limite apparente di elasticità. Bloccati alla coppia prescritta, conservano il loro precarico e non necessitano di alcun elemento di sicurezza supplementare. I filetti devono essere in perfetto stato e avvitati liberamente.

**Viti a testa a intaglio e viti a croce** (fig. 1) possono essere fabbricate sotto forma di vite a testa cilindrica, vite a testa svasata, vite a testa bombata, a testa svasata bombata, con intaglio o a croce.

Le viti a croce favoriscono il centraggio dei cacciavite ed è possibile esercitare una coppia di bloccaggio maggiore rispetto a una vite con testa a intaglio.

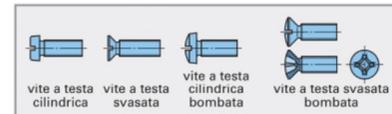


Figura 1: Viti a testa a intaglio e viti a croce

**Viti senza testa** (fig. 2) hanno una filettatura su tutta la loro lunghezza. A seconda del loro impiego, hanno estremità differenti, per esempio a punta, a nasello o smussate. Servono per fissare mozzi e boccole.

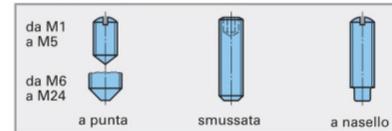


Figura 2: Viti senza testa

**Viti per lamiere** (fig. 3) sono usate per l'assemblaggio delle lamiere. Possono avere una testa intagliata, cruciforme o esagonale.

Formano esse stesse la filettatura femmina durante l'avvitamento. Il foro da praticare corrisponde approssimativamente al diametro del nocciolo della vite.

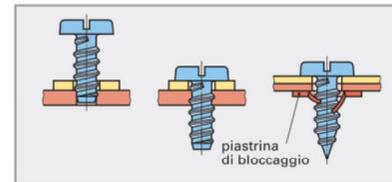


Figura 3: Viti per lamiere

**Filetti riportati e boccole filettate** (fig. 4) sono usati nel caso in cui la filettatura femmina è ricavata da un materiale tenero, quando l'assemblaggio deve essere frequentemente svitato o quando la filettatura del pezzo è distrutta, per esempio nel fissaggio di una candela di accensione in una testata in lega leggera.

I filetti riportati hanno una sezione romboidale in filo d'acciaio rullato come una molla elicoidale; il filo costituisce contemporaneamente il filetto esterno ed il filetto interno.

Nel foro di guida, la filettatura viene eseguita con un maschio speciale. Con l'aiuto di un utensile di montaggio, il filetto riportato è avvitato con un precarico.

Le boccole filettate sono caratterizzate da un filetto esterno e interno e sono temprate. Possiedono degli spigoli taglienti all'estremità della parte avvitata che permettono una auto-lavorazione della filettatura durante il montaggio.

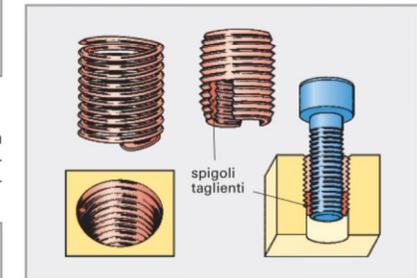


Figura 4: Filetti riportati e boccole filettate

**Dadi.** Sono realizzati in diverse forme a seconda del loro impiego.

Si differenziano in:

- **dadi esagonali** (fig. 5), hanno un'altezza di circa  $0,8 \times d$  oppure  $0,5 \times d$  (dadi bassi);
- **dadi a corona**, possiedono 6 o 10 tagli e sono adottati quando è necessario assicurare l'accoppiamento mediante una coppia;g;
- **dadi ciechi** (fig. 1, pag. 148), rendono la filettatura ermetica rispetto all'esterno e la preservano da eventuali danni, impediscono infortuni e sono impiegati anche a scopo estetico;
- **dadi di raccordo** (fig. 5), sono utilizzati per l'allacciamento di tubazioni;

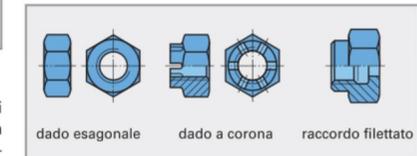


Figura 5: Forme di dadi

- **dadi con alette** (fig. 1, pag. 148) o **dadi zigrinati**, si possono serrare a mano senza l'aiuto di utensili;
- **dadi a ghiera** (fig. 1, pag. 148), servono a fissare e a regolare il gioco assiale dei cuscinetti sugli alberi.

**Dadi saldati e dadi a gabbia (fig. 1)** sono utilizzati nelle carrozzerie. I dadi saldati sono quasi sempre centrati nella foratura con l'aiuto di un colletto e poi saldati sulla carrozzeria. I dadi a gabbia sono sia introdotti liberamente in una gabbia di lamiera, sia sospesi all'interno di questa con l'aiuto di anelli di plastica. Gli anelli di plastica impediscono la carica elettrostatica del dado, con conseguente colorazione del filetto dovuta al trattamento anticorrosivo ad immersione. La gabbia in lamiera viene saldata alla carrozzeria.

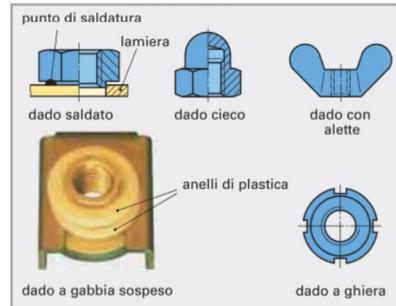


Figura 1: Forme di dadi

#### Classi di resistenza di viti e dadi

**Viti in acciaio.** Sono contrassegnate con indici di fabbrica e di classe di resistenza. La classe di resistenza è indicata con due cifre separate da un punto, per esempio, 10.9 (fig. 2).

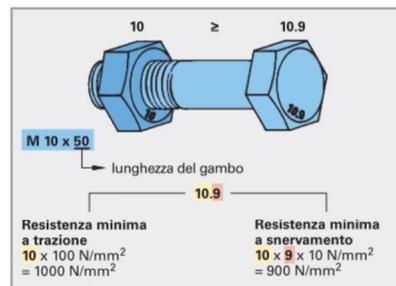


Figura 2: Classe di resistenza di viti e dadi

La prima cifra indica 1/100 della resistenza minima a trazione del materiale della vite. Il prodotto delle due cifre corrisponde a 1/10 della resistenza minima di snervamento del materiale della vite.

Per viti normali, i carichi applicabili non devono superare la resistenza minima di snervamento per cui è strettamente necessario osservare le coppie di ser-

raggio di fabbrica. Nel settore automobilistico viene per lo più utilizzata viteria di classe di resistenza da 8.8 fino a 12.9.

**Dadi in acciaio.** Sono contrassegnati da indici di fabbrica e di classe di resistenza.

L'indice di resistenza indica 1/100 di resistenza della prova di serraggio in  $\text{N/mm}^2$ . La cifra 10, pertanto, indica che il dado è stato sottoposto a una prova di serraggio con un carico di  $1000 \text{ N/mm}^2$  (fig. 2).

Se il dado è accoppiato con la vite, si deve prestare attenzione che la tensione di prova sia almeno pari al limite minimo di resistenza alla trazione della vite.

#### Sicurezza delle viti

Per gli assemblaggi avvitati, esposti a carichi stabili, è sufficiente l'effetto autobloccante della filettatura per evitare l'allentamento, mentre le oscillazioni o le vibrazioni, durante il funzionamento dei carichi variabili, provocano una sollecitazione dinamica degli assemblaggi avvitati. In questi casi, devono essere assicurati contro un allentamento involontario.

Si differenziano vari tipi di sicurezza delle viti:

- sicurezze a vincolo solido;
- sicurezze a vincolo di forma;
- sicurezze a vincolo di materia.

**Sicurezze a vincolo solido (fig. 1, pag. 149).** Sono costituite da elementi elastici posti sotto la testa della vite e sotto il dado, oppure realizzate mediante un aumento dell'attrito nel filetto.

Come elementi elastici vengono adottate rondelle a molla (rondelle spaccate), rondelle elastiche (rondelle ondulate), rondelle dentate, rondelle zigrinate.

Queste hanno la funzione di compensare una diminuzione eccessiva della forza di serraggio che può prodursi per deformazione plastica del filetto, per scorrimento del materiale a causa di eccessiva pressione di superficie, per appianamento delle rugosità di superficie oppure per appiattimento di guarnizioni interposte.

Per aumentare l'attrito nel filetto, si può adottare un sistema di serraggio mediante controdado, dadi con inserti plastici oppure dadi a intaglio deformabile. Il conseguente aumento del coefficiente di attrito assicura la vite contro l'allentamento.

Dadi con inserti plastici oppure a intaglio deformabile possono essere utilizzati una sola volta. Elementi a deformazione plastica non sono più ammessi in condizioni di sollecitazioni dinamiche con continue variazioni di carico, nonché per carichi tangenziali.

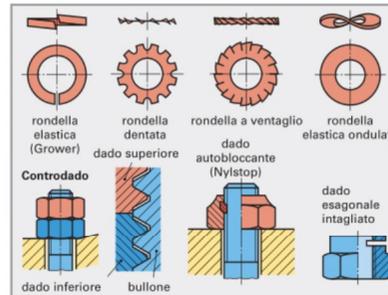


Figura 1: Sicurezza a vincolo solido

**Sicurezze a vincolo di forma (fig. 2).** L'effetto di sicurezza è realizzato mediante l'interposizione di forme geometriche che ne impediscono l'allentamento. Sono utilizzati dadi a corona con coppiglia, lamierette (piastri) ripiegate, viti a sottotesta zigrinata, filo metallico di legatura.

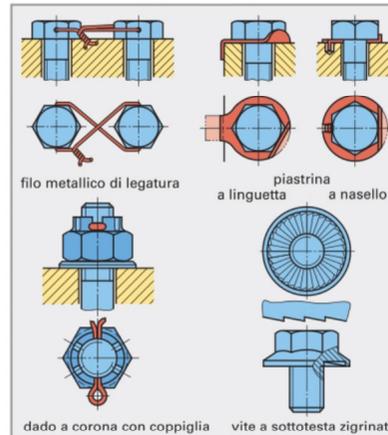


Figura 2: Sicurezza a vincolo di forma

**Sicurezze a vincolo di materia (fig. 3).** Si realizzano mediante l'incollaggio dei filetti corrispondenti del dado e della vite con l'utilizzo di colle monocomponenti mediante due sistemi di messa in opera.

Con il primo sistema, il collante liquido viene posato direttamente sul filetto per poi essere messo in opera.

Nel secondo caso, le viti sono fabbricate con una copertura di materia collante, costituita da microcapsule che, al momento del serraggio, esplodono, rilasciando la materia collante.

In entrambi i casi, la materia collante indurisce al contatto metallico in assenza di aria per azione anaerobica, assicurando in tal modo l'assemblaggio avvitato.

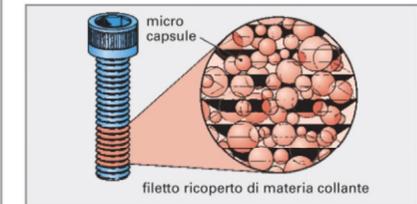


Figura 3: Sicurezza a vincolo di materia

#### Utensili d'uso per viteria (fig. 4, fig. 1 pag. 150)

Gli utensili d'uso per viteria devono aderire con precisione alla testa degli elementi di assemblaggio. Le coppie di serraggio sono da osservare in modo assoluto secondo tabelle e prescrizioni del fabbricante.

Da una parte, viti e dadi non sono serrate eccessivamente, per cui potrebbero danneggiarsi e, d'altra parte, ci sarà instabilità dell'assemblaggio dato che non sono serrate in modo appropriato.

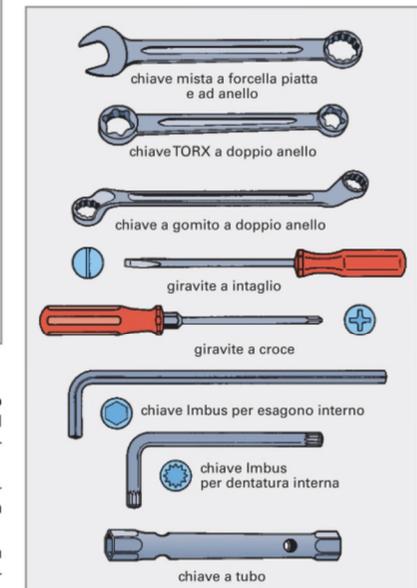


Figura 4: Utensili per viteria

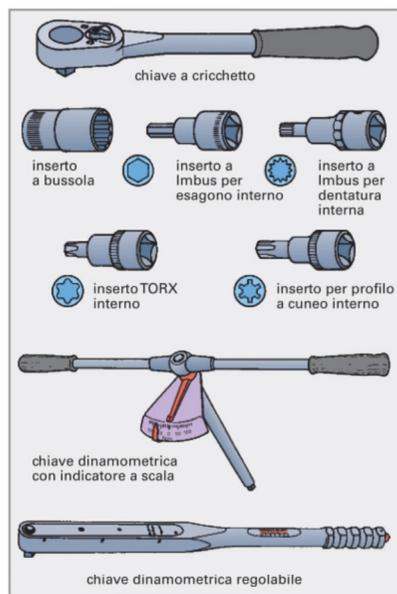


Figura 1: Utensili per viterie

**Chiave dinamometrica (fig. 1).** Solo con questa chiave è garantito un assemblaggio con i corretti valori di serraggio. Su una scala graduata è indicata la coppia di serraggio applicata sulla vite oppure sono utilizzate chiavi dinamometriche sulle quali sono preimpostati i valori di coppia di serraggio.

Quando si raggiunge il valore di serraggio preimpostato, la chiave scatta, producendo un ticchettio facilmente udibile.

Le chiavi dinamometriche devono essere sottoposte periodicamente a taratura. Dopo l'utilizzo, devono essere posizionate sul valore minimo di regolazione, in modo da garantire nel tempo la precisione di misurazione.

#### DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali sono i tipi di viti maggiormente utilizzati?
- 2 Per quali motivi si adottano viti prigioniera (senza testa)?
- 3 Cosa si intende per vite estensibile?
- 4 Cosa indicano le cifre posizionate sulla testa delle viti?
- 5 Citate i diversi tipi di dadi.
- 6 Quali sono le sicurezze a vincolo solido?

### 7.6.4 Assemblaggio a spina

Gli assemblaggi a spina sono congiunzioni meccaniche a vincolo di forma scomponibili. In relazione al tipo di utilizzo, le spine si suddividono in spine di precisione, spine di sicurezza e spine di fissaggio.

**Spine di fissaggio.** Uniscono due pezzi con un vincolo solido e di forma. Sono inserite in modo forzato nei relativi fori e, in questo modo, trasmettono le forze dei carichi applicati.

**Spine di precisione.** Non devono trasmettere carichi bensì determinare l'esatto posizionamento delle due rispettive parti assemblate, impedendo lo spostamento delle stesse e facilitando nel contempo l'esecuzione del montaggio.

**Spine a corpo cilindrico (fig. 2).** Hanno le estremità (teste) a profilo conico (a smusso) oppure bombato (lenticolare). Le spine a estremità smussata sono prodotte da acciaio tondo trafilato lucido (campo di tolleranza h8) e sono generalmente inserite con gioco nel foro alesato. Le spine a testa lenticolare sono spine rettificata (campo di tolleranza m6) e sono inserite a interferenza mediante forzatura nel foro alesato.



Figura 2: Spine cilindriche

**Spine coniche (fig. 3).** Possiedono un gradiente di conicità di 1 : 50 e possono essere installate in fori alesati corrispondenti. La spina conica è battuta a martello fino a che l'estremità rimane a filo del pezzo.

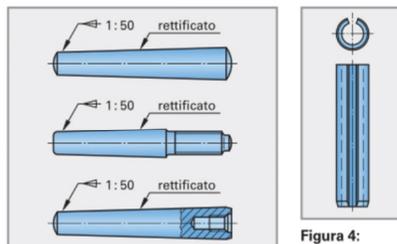


Figura 3: Spine coniche

Figura 4: Spina elastica

Per la scomposizione dell'assemblaggio, la spina conica deve essere rimossa mediante ribattitura dal lato opposto in presenza di fori passanti. In caso di fori ciechi, le spine sono dotate di naselli filettati oppure di un filetto interno, in modo da poter essere rimosse.

**Spine di sicurezza.** Assicurano elementi costruttivi sensibili contro sollecitazioni oltre la soglia di resistenza. Queste spine trasmettono l'intera forza di taglio. La spina di sicurezza rappresenta il punto di rottura effettivo della connessione meccanica. Quando il carico oltrepassa il limite di resistenza del materiale, la spina cede per rottura, liberando i vincoli della connessione.

A seconda delle forme, le spine si suddividono in:

- spine cilindriche;
- spine coniche;
- spine elastiche;
- spine a interferenza.

**Spine elastiche (boccole elastiche, fig. 4, pag. 150).**

Sono spine a corpo cilindrico cavo in acciaio per molle intagliate su tutta la lunghezza. Il diametro di queste spine è di 0,2 mm fino a 0,5 mm più grande del foro di montaggio. Con l'introduzione forzata, la spina viene deformata e realizza la forza di vincolo della connessione meccanica.

**Spine a intagli (fig. 1).** Sono spine a corpo cilindrico sulle quali vengono rullate tre intaccature periferiche longitudinali. A seconda del sistema di rullatura, sono realizzabili diverse forme di intaglio. Con l'introduzione della spina nel relativo foro, le creste e i rigonfiamenti di materiale si ripiegano parzialmente, creando un vincolo solido anche in fori non alesati.

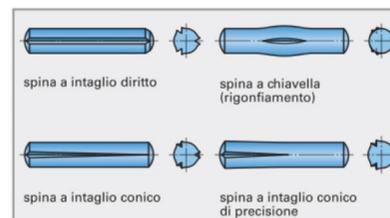


Figura 1: Spine a intagli

### 7.6.5 Assemblaggi rivettati

Gli assemblaggi rivettati sono giunzioni meccaniche non scomponibili. Per l'attuazione di questo sistema di giunzioni il gambo del rivetto è ribattuto (ribadito) sotto forma di testa di chiusura mediante ricalcatura e ribordatura. I rivetti possono essere suddivisi secondo la forma della testa e del gambo nonché dal materiale di cui sono costituiti.

Le giunzioni rivettate risultano particolarmente adatte per le costruzioni leggere in quanto la saldatura di leghe di alluminio a indurimento causerebbe l'indebolimento delle giunzioni medesime. Per la costruzione di carrozzerie in lega leggera, per esempio di una Audi A2, sono impresse circa 1800 connessioni rivettate.

**Materiali per rivetti.** Il materiale di cui i rivetti sono costituiti deve possedere una buona capacità di formatura e una sufficiente resistenza. Inoltre, nel processo di formazione della testa di chiusura, il materiale non deve incrinarsi. Per evitare fenomeni di corrosione, i rivetti devono essere dello stesso materiale delle parti da assemblare. In genere sono utilizzati rivetti in acciaio, rame, leghe rame-zinco e di alluminio.

**Procedimento di ribaditura (fig. 2).** Il rivetto inserito in opera è posto con la testa di posa su una base di ribaditura. Mediante un utensile specifico (tira-rivetto), le parti di giunzione sono pressate una contro l'altra. La parte sporgente del gambo è ribadita con un martello e, di seguito, conformata con un apposito punzone formatore. Per potere formare la testa di chiusura, la parte sporgente del gambo deve possedere una determinata lunghezza, 3 mm per rivetti cavi (tubolari) e 4 mm di diametro. Il rivetto finito è costituito dalla testa di posa, dal gambo e dalla testa di chiusura.

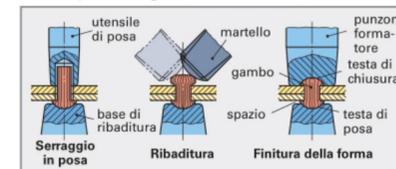


Figura 2: Fasi della rivettatura

#### Tipi di rivetti

**Rivetti a gambo pieno (fig. 3).** Sono impiegati quando è necessario trasmettere grandi carichi, per esempio, giunzioni di elementi costruttivi portanti di telai di veicoli pesanti.

**Rivetti a gambo cavo (rivetti tubolari, fig. 4)** e rivetti con gambo parzialmente forato. Sono adottati per rivettature su guarnizioni di attrito per freni e frizioni. La testa di chiusura viene formata per ribordatura della parte terminale del gambo.

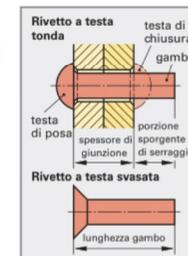


Figura 3: Rivetto a gambo pieno

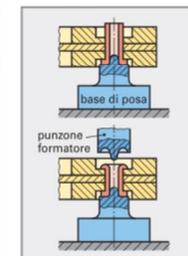


Figura 4: Rivetto tubolare

A seconda della forma della testa, i rivetti a gambo pieno si distinguono in rivetti a testa semitonda e rivetti a testa svasata.

vetti a testa svasata, mentre i rivetti tubolari possiedono generalmente una testa piana.

**Rivetti ciechi.** Sono rivetti chiodati, rivetti a dado cieco e rivetti a divaricazione.

**Rivetti chiodati (fig. 1).** Sono rivetti ciechi costituiti da un corpo tubolare con un inserto a chiodo. Mediante un apposito utensile (pinza rivettatrice), il chiodo viene stretto, in modo che il corpo tubolare venga ricalcato e si spezzi, formando così la testa di chiusura.

**Rivetti a dado cieco (fig. 2).** Nel filetto interno del rivetto a dado è avvitata una spina filettata che, mediante l'azione di un'apposita pinza rivettatrice, stringe il corpo del rivetto contro il pezzo, formando la testa di chiusura.

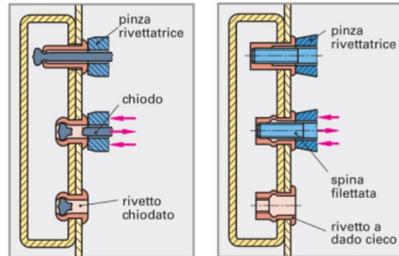


Figura 1: Rivetto a chiodo

Figura 2: Rivetto a dado cieco

**Rivetti a divaricazione (fig. 3).** Sono rivetti tubolari con la parte terminale del gambo intagliata. Con l'inserimento forzato di una spina a tacche, la parte terminale intagliata del gambo si divarica, formando la chiusura della giunzione.

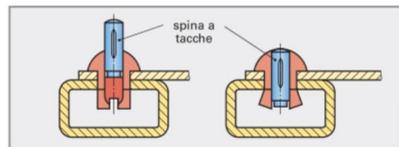


Figura 3: Rivetto a divaricazione

#### Rivettatura a punzone

Nella rivettatura a punzone (fig. 4), un rivetto semi-tubolare è pressato mediante il punzone di una macchina rivettatrice sul piano della lamiera superiore, in modo tale da deformare plasticamente la lamiera sottostante senza però trapassarla. Nella specifica forma della matrice, l'estremità del rivetto si divarica, formando la testa di chiusura. I rivetti a punzone sono trattati con una ricopertura protettiva contro la corrosione. I vantaggi delle giunzioni mediante rivettatura a punzone sono i seguenti:

- si elimina la necessità di foratura delle lamiere;

- la lamiera sottostante non è trapassata dal rivetto per cui si ottiene una giunzione ermetica;
- elevata resistenza;
- minore fabbisogno energetico rispetto alla saldatura a punti.

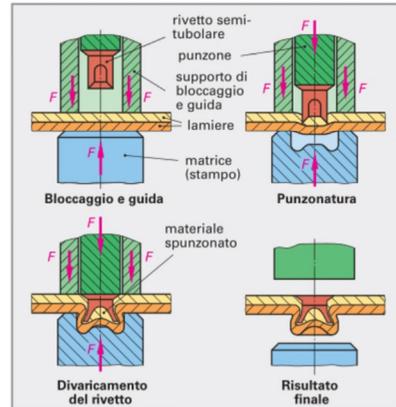


Figura 4: Fasi della rivettatura a punzone

#### 7.6.6 Assemblaggio a incorporo pressato

Gli assemblaggi a incorporo pressato sono giunzioni non scomponibili. Per la realizzazione di questo sistema di giunzione, due o più lamiere sono pressate, riscaldate e, successivamente, incorporate mediante uno specifico sistema di stampaggio.

Questa lavorazione è impiegata nelle costruzioni di carrozzerie, dove si ottengono giunzioni a basso costo, e parti di carrozzeria non portanti.

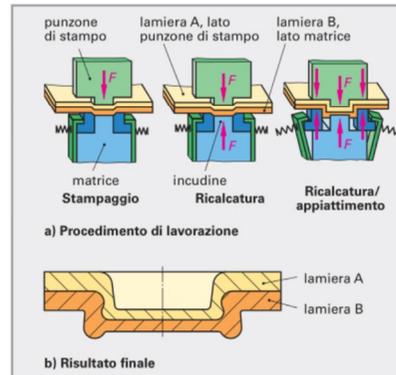


Figura 5: Giunzione a incorporo pressato

**Procedimento di giunzione a incorporo pressato.** Si svolge in tre fasi. Il punzone di stampo (fig. 5, pag. 152) comprime pressando le due lamiere sopra una matrice, per cui le lamiere sono riscaldate producendo un consolidamento a freddo del materiale. Nella zona di ricalco il contorno del materiale aumenta e lo spessore diminuisce, per questo motivo i fianchi laterali della matrice devono essere mobili.

La matrice di conseguenza si allarga permettendo la continuazione della riscalcatura e la finitura con l'appiattimento definitivo della giuntura.

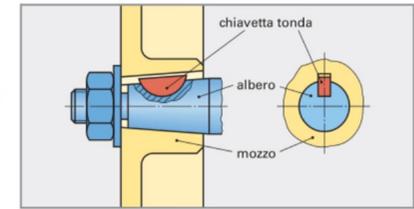


Figura 2: Accoppiamento a chiavetta tonda

#### DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Come si suddividono le spine a seconda della forma?
- 2 Quali compiti svolgono le spine di precisione?
- 3 In quali casi si utilizzano rivetti ciechi?
- 4 Quali vantaggi possiedono le giunzioni a rivetti punzonati?
- 5 Per quali parti di carrozzerie si prestano le giunzioni a incorporo?

#### 7.6.7 Accoppiamento albero-mozzo

Gli accoppiamenti albero-mozzo sono generalmente assemblaggi a vincolo di forma scomponibili. Il vincolo di forma garantisce la trasmissione delle forze di trazione; la scomponibilità facilita lo smontaggio e rimontaggio.

Accoppiamenti di questo tipo sono:

- giunzioni a chiavetta parallela;
- giunzioni a chiavetta tonda;
- giunzioni ad albero scanalato;
- giunzioni ad albero dentato;
- giunzioni a ruota dentata.

**Accoppiamenti a chiavetta parallela (fig. 1).** Sull'albero e sul mozzo è ricavata, mediante fresatura, una scanalatura longitudinale. La chiavetta inserita nella scanalatura dell'albero trasmette tramite i propri fianchi la forza di rotazione sul mozzo. In questo modo mediante la chiavetta si realizza un accoppiamento per trascinamento. Lo spostamento assiale del mozzo deve essere adeguatamente garantito.

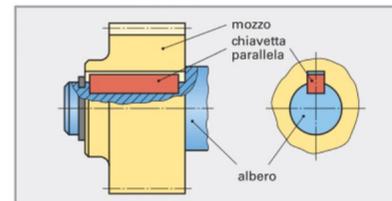


Figura 1: Accoppiamento a chiavetta parallela

**Accoppiamenti a chiavetta tonda (fig. 2).** Questi assemblaggi sono poco usati perché la lavorazione della scanalatura indebolisce l'albero. Questo sistema di giunzione è in grado di trasmettere unicamente momenti di coppia relativamente bassi, mentre per accoppiamenti su elementi conici ha solo una funzione di sicurezza, dal momento che le forze torsionali sono assunte dalle forze di attrito risultanti dal bloccaggio sulla sede conica.

**Accoppiamenti ad albero scanalato (fig. 3).** In caso di elevati momenti torcenti e brusche variazioni di carico, si adottano accoppiamenti a scanalature assiali, in quanto le sollecitazioni sono ripartite su ogni singola spalla della scanalatura.

Inoltre, questo tipo di giunzione risulta adatto per accoppiamenti scorrevoli, per esempio dischi frizione oppure mozzi di alberi motore.

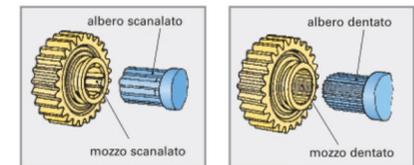


Figura 3: Albero a profilo scanalato



Figura 4: Albero a profilo dentato

**Accoppiamenti ad albero dentato (fig. 4).** I loro profili, più fini, non rendono fragile l'albero e il mozzo delle scanalature. Il profilo dentato distribuisce meglio la coppia sulla periferia dell'albero. Grazie alle molteplici superfici di contatto, l'albero è meglio aggiustato nel mozzo. Per esempio: per il mozzo del volante sul piantone dello sterzo o per la barra di torsione delle sospensioni.

**Accoppiamenti a ruota dentata (fig. 1, pag. 154).** Sono usati soprattutto per un accoppiamento mobile dell'albero e del mozzo. Il tipo di dentatura utilizzato è lo stesso per i pignoni. Le lamelle sono utilizzate, per esempio, per frizioni combinate viscoso o per frizioni a più dischi e trasmettono la forza al carter della frizione.

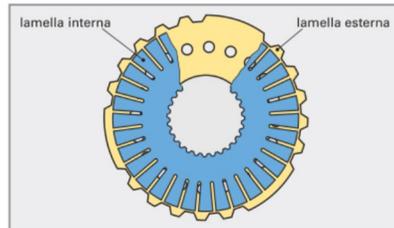


Figura 1: Accoppiamento di frizioni a ruota dentata

### 7.6.8 Accoppiamenti pressati

Gli accoppiamenti pressati sono giunzioni a vincolo solido. L'accoppiamento pressato presuppone un'interferenza dimensionale tra il pezzo esterno e quello interno. Le forze vengono trasmesse per attrito tra le superfici di contatto della giunzione.

Giunzioni pressate sono adottate per inserire sedi valvola, corone dentate, cuscinetti di rotolamento, boccole di portata.

Si differenziano in accoppiamenti pressati per:

- forzatura assiale;
- forzatura radiale.

**Forzatura assiale (fig. 2).** Con questa modalità, il pezzo interno e quello esterno sono pressati l'uno nell'altro in senso assiale, generalmente mediante una pressa. La rugosità delle superfici di contatto viene in parte appiattita, così che l'interferenza tra pezzo interno ed esterno viene ridotta.

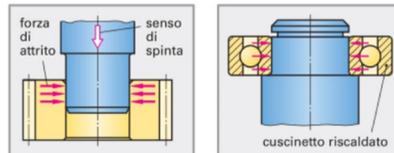


Figura 2: Accoppiamento per forzatura assiale

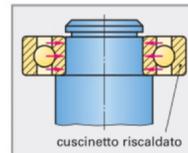


Figura 3: Accoppiamento per forzatura radiale

**Forzatura radiale (fig. 3).** Con questo sistema, prima di effettuare l'accoppiamento si procede al riscaldamento del pezzo esterno e al raffreddamento del pezzo interno, eliminando di fatto e temporaneamente l'interferenza in modo da effettuare l'assemblaggio senza applicare nessuna forza.

L'appiattimento della rugosità superficiale non si verifica in questo caso.

#### REGOLE DI LAVORO

- Prestare attenzione al riscaldamento omogeneo dei pezzi, al riscaldamento a bagno d'olio o mediante piastra riscaldata.
- Indossare sempre guanti di protezione durante l'operazione di raffreddamento con azoto liquido oppure ghiaccio secco ( $\text{CO}_2$  solido a  $-78^\circ\text{C}$ ).
- Mettere in atto una buona preparazione di lavoro, tenere pronti gli adeguati strumenti, in quanto per la forzatura radiale si ha a disposizione pochissimo tempo.

#### DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali assemblaggi asse-mozzo si distinguono?
- 2 Quali vantaggi possiede un accoppiamento ad albero dentato rispetto a quello ad albero scanalato?
- 3 In quale ambito del settore automobilistico si adottano accoppiamenti pressati?
- 4 In cosa si differenzia un accoppiamento per forzatura assiale da uno a forzatura radiale?

### 7.6.9 Assemblaggi a scatto

Gli assemblaggi a scatto si realizzano per deformazione elastica di almeno una delle parti da congiungere. Esistono sia del tipo scomponibile sia del tipo non scomponibile.

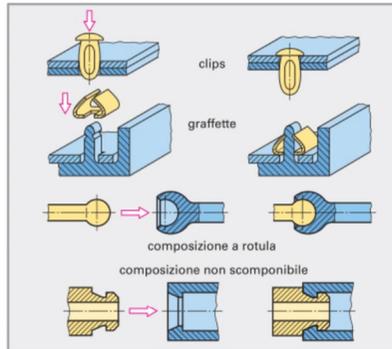


Figura 4: Assemblaggi a scatto

Gli assemblaggi a scatto (fig. 4) come clips e graffette, sono costituite da materiale plastico oppure da acciaio per molle. Con la giunzione, una delle due parti flette per poi riprendere la propria forma originale. Per la realizzazione di giunzioni a scatto non scomponibili all'interno del pezzo di giunzione, si pratica uno scalino di arresto. La giunzione a scatto scomponibile, invece, si adotta su calotte copriruota, rivestimenti, anelli di tenuta su guide valvola e comandi di azionamento.

### 7.6.10 Brasatura

La brasatura è una giunzione di parti metalliche a vincolo di materia mediante l'apporto di metallo fuso (bagno fuso/bagno di fusione a bacchetta) con le parti di giunzione che rimangono allo stato solido.

La temperatura di fusione del metallo di apporto della bacchetta è minore della temperatura di fusione dei pezzi da unire.

Proc. di brasatura	Dolce	Forte
Temperat. di fusione	< 450 °C	> 450 °C

#### Precedimenti di brasatura

La superficie di lavorazione viene riscaldata alla temperatura di fusione della bacchetta, al fine di creare un bagno di fusione in superficie (fig. 1) che può così penetrare nell'intercapedine, formando un legame a vincolo solido con le parti. È importante che le superfici delle stesse siano ben pulite ed esenti da ossidazioni e che la distanza tra le due superfici sia piccola (fig. 2). Per ripulire le parti da strati di ossido e impedirne nel contempo la formazione di nuovi, si utilizzano prodotti antiossidanti. Quelli di uso corrente sono FH20 (prodotto multiuso) per la brasatura forte e F-W31 (non corrosivo sotto forma di pasta) per la brasatura dolce.

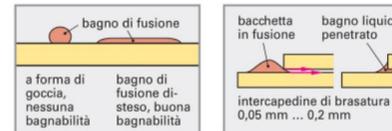


Figura 1: Bagno di fusione alla superficie di brasatura

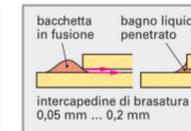


Figura 2: Azione capillare nell'intercapedine di brasatura

Il processo di brasatura si svolge in tre stadi.

- **Messa a bagno:** la bacchetta si scioglie, si spande e bagna la superficie.
- **Flusso liquido:** il flusso liquido si spande e il dissossidante viene sospinto fuori dall'intercapedine.
- **Legame:** il flusso liquido penetra tra i pezzi all'interno della giunzione formando un legame metallico.

**Brasatura dolce ( $t < 450^\circ\text{C}$ ).** Giunzioni a brasatura dolce sono adatte per:

- connessioni a tenuta ermetica, per esempio costruzione di elementi di raffreddamento;
- connessioni che necessitano di un ottimo contatto elettrico.

Il procedimento di brasatura dolce è applicato principalmente per connessioni in rame, leghe di rame e zinco.

**Brasatura forte ( $t > 450^\circ\text{C}$ ).** Giunzioni a brasatura forte sono adatte in caso di:

- richiesta di alta resistenza, per riparazione di lamiere;

- richiesta di solidità e di ermeticità, come serbatoi;
- richiesta di resistenza al calore, come taglienti di tornitura a placchette in metallo duro;
- impossibilità di saldatura a causa delle alte temperature oppure dei materiali utilizzati.

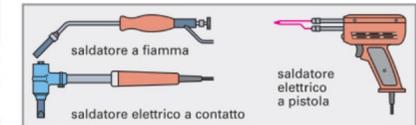


Figura 3: Saldatori con brasatura a bacchetta

A seconda dell'applicazione, nella brasatura dolce si devono scegliere bacchette con differenti specifiche.

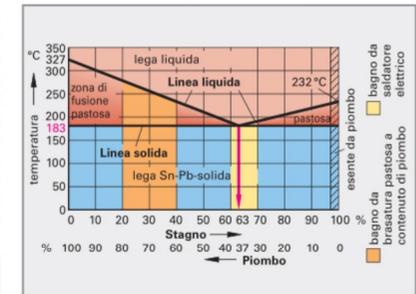


Figura 4: Diagramma di stato stagno-piombo

**Bacchetta per saldatore elettrico (fig. 4).** Per la brasatura di elementi elettrici, è richiesta una temperatura di brasatura la più bassa possibile, in modo da non surriscaldare le componenti elettroniche.

**Bacchetta per brasatura pastosa (fig. 4).** Per la brasatura pastosa sui pezzi da unire, è necessario scegliere una bacchetta che consenta di lavorare ad un ampio intervallo di temperature. Nell'ambito delle costruzioni e delle riparazioni di carrozzerie, sono permesse unicamente bacchette prive di piombo, il cui campo di lavorazione si situa tra 200-230 °C.

	Denominazione	Indicaz.	Applicazione
Saldatura	S-Sn60Pd40	con Pb	Elettronica
	Sn95Ag4Cu1	senza Pb	
	S-Pb58Sn40Sb2	con Pb	Bacchetta past. sino al 2006
Leghe	S-Sn99Cu1	senza Pb	dal 2007
	AG 104	-	Acciai, Rame, Leghe Cu
	CU 104	-	Acciai

**Procedimento di brasatura pastosa (fig. 1, pag. 156)**

**Pulitura.** La zona relativa alla brasatura pastosa deve essere portata al metallo bianco-lucido e le polveri di smeriglio devono essere rimosse.

**Stagnare.** La pasta composta da antiossidante e stagno è da applicare sopra la zona interessata. La pasta protegge contro l'ossidazione a seguito del riscaldamento. Con un cannello ossiacetilenico si riscalda la zona da trattare, fino a quando sulla lamiera si forma uno strato di stagno e con un panno morbido si eliminano i resti di antiossidante.

**Riscaldamento della bacchetta e zona di intervento.** Riscaldare entrambe in modo uniforme e omogeneo, fino al punto in cui la bacchetta inizia a fondere.

**Riparto di materiale e modellatura.** Con l'aiuto di un legnetto di lavorazione, spalmare e modellare il materiale di apporto della bacchetta sulla zona dell'intervento di riparazione.

**Finitura.** Con una lima da carrozziere, limare la zona lavorata e lisciarla al filo della carrozzeria.

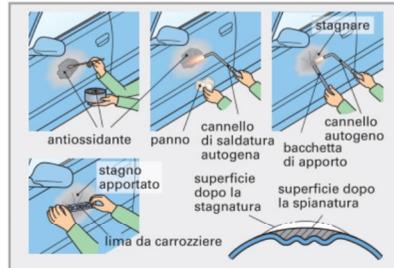


Figura 1: Procedimento di stagnatura di un lamierato

#### REGOLE DI LAVORO

- Pulire a fondo la zona da trattare.
- Unire le parti con una minima intercapedine prima di procedere alla brasatura.
- Riscaldare in poco tempo bacchetta e zona da trattare.
- Impostare la corretta temperatura di lavorazione.
- Il materiale di riparto deve solidificare.
- Eliminare resti di antiossidante.
- Evitare il contatto dell'antiossidante con la pelle; le bacchette per riparto pastoso a contenuto di piombo sono vietate dal 2007.
- Non utilizzare macchinari a lavorazione rapida per la lisciatura di superfici lavorate a stagno.
- Eliminare mediante aspiratore i vapori prodotti dal riscaldamento del riparto della bacchetta.

### 7.6.11 Saldatura

Saldare significa unire in maniera permanente mediante unione molecolare dei materiali generalmente della stessa natura. Al punto di congiunzione, i pezzi vengono uniti in fase liquida sotto l'azione del calore, o in fase pastosa mediante il calore e la pressione.

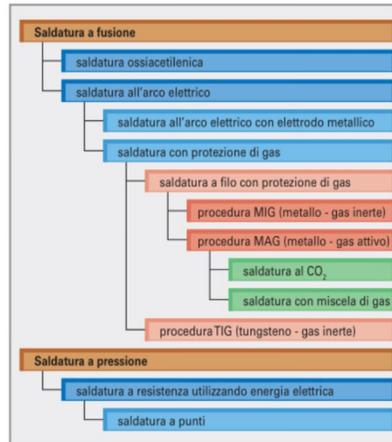


Figura 2: Suddivisione dei procedimenti di saldatura

Le congiunzioni saldate sono le più utilizzate tra le unioni molecolari. Si differenziano in **saldatura a fusione** e **saldatura a pressione** (fig. 2).

Durante la saldatura, sono necessarie misure di protezione adeguate a seconda del procedimento di saldatura: l'operatore deve indossare l'equipaggiamento di protezione personale.

#### Saldatura a gas (autogena o ossiacetilenica)

Durante la saldatura ossiacetilenica (fig. 3), il pezzo è fuso mediante una fiamma di gas combustibile e d'ossigeno. Il gas di combustione è di solito acetilene ( $C_2H_2$ ) perché permette di raggiungere una temperatura elevata della fiamma, 3200 °C circa. L'acetilene e l'ossigeno sono forniti in bombole d'acciaio.

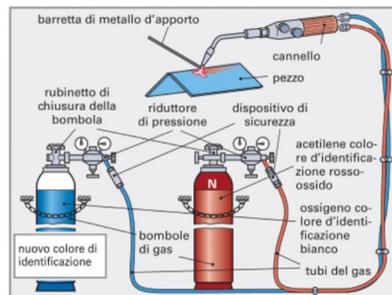


Figura 3: Impianto di saldatura autogena

**Bombola di ossigeno.** È caricata con ossigeno puro sotto alta pressione. Per un volume della bombola di 40 litri e una pressione di riempimento di 150 bar, il contenuto che si ottiene è di  $150 \times 40 \text{ l} = 6000$  litri di ossigeno. Il colore di identificazione è il bianco, mentre la bombola è di colore blu.

È importante eliminare ogni presenza di grasso e di olio sul raccordo della bombola d'ossigeno: esiste il rischio di esplosione.

**Bombola di acetilene.** Nella bombola di acetilene è presente una massa porosa i cui pori sono riempiti di acetone nel quale l'acetilene viene disciolto. Per una pressione di riempimento di 18 bar, una bombola contiene approssimativamente 6000 litri di acetilene.

Durante il prelievo del gas, l'acetilene è liberato con relativo calo di pressione. La bombola possiede una chiusura a staffa e il colore di riconoscimento è il rosso ossido.

Durante la saldatura, la bombola non deve essere posta in orizzontale affinché l'acetone non fuoriesca dai pori. Mai prelevare più di 1000 litri per ora di utilizzo: in caso di necessità, allacciare altre bombole.

**Dispositivo di sicurezza (fig. 3, pag. 156).** Per la sicurezza contro i ritorni di fiamma e di gas, è raccomandabile installare un dispositivo di sicurezza sul tubo di acetilene tra riduttore di pressione e cannello di saldatura.

Questo dispositivo è collegato al riduttore di pressione come sicurezza dell'impianto operativo oppure sul cannello come sicurezza della bombola singola. Anche sul tubo dell'ossigeno è generalmente montato un dispositivo di sicurezza.

Prima di collegare il riduttore di pressione, aprire brevemente il rubinetto della bombola affinché eventuali impurità vengano espulse. Svitare la vite del regolatore di pressione.

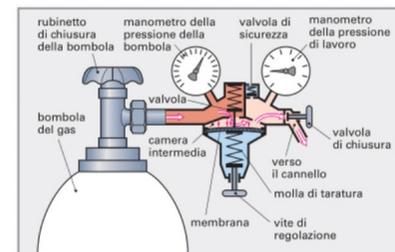


Figura 1: Riduttore di pressione

**Riduttore di pressione (fig. 1).** Il riduttore di pressione è collegato al rubinetto della bombola e abbassa l'elevata pressione della bombola alla pressione. Il manometro relativo al contenuto della bombola indica la pressione effettiva esistente nella stessa, mentre il manometro di lavoro indica la relativa pressione che può essere regolata mediante un'apposita vite. Per la saldatura autogena, la pressione di lavoro per l'ossigeno è di circa 2,5 bar, mentre quella per l'acetilene è di 0,25 fino a 0,5 bar.

**Cannello di saldatura (fig. 2).** Per saldare si utilizza per lo più il cannello ad iniezione mediante il quale l'acetilene è aspirato dall'ossigeno che esce a una più alta pressione.

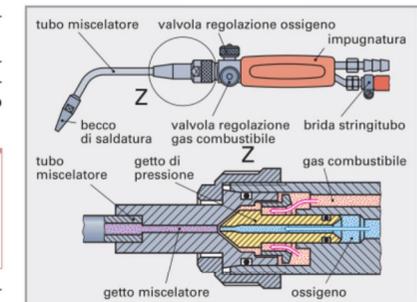


Figura 2: Cannello di saldatura

Il cannello di saldatura è composto da un'impugnatura e da una lancia intercambiabile che, a sua volta, è composta da: getto di pressione (iniettore), tubo miscelatore con getto miscelatore, becco di saldatura e manicotto di chiusura. Nel tubo e nell'ugello di miscelazione vengono miscelati l'ossigeno e l'acetilene andando a formare, incendiandosi, il dardo davanti al becco di saldatura.

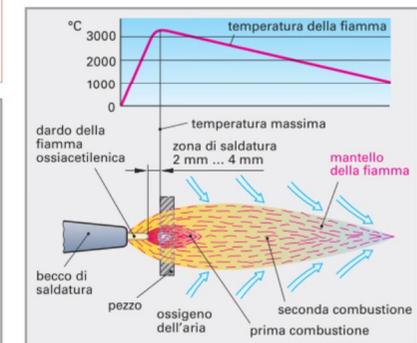


Figura 3: Fiamma ossiacetilenica

Il cannello di saldatura è collegato alle bombole con dei tubi di gomma. Per l'acetilene è di colore rosso, per l'ossigeno di colore blu. Il tubo dell'ossigeno, a parità di diametro esterno, possiede un diametro interno di minore sezione rispetto a quello dell'acetilene.

**Fiamma ossiacetilena (fig. 3, pag. 157).** È regolata dalle valvole di regolazione del cannello. Quando la fiamma è neutra, l'ossigeno e l'acetilene sono mescolati in una proporzione di 1:1. Con questa proporzione, però, la quantità d'ossigeno non è sufficiente per permettere la combustione completa dell'acetilene; è dunque l'ossigeno dell'aria circostante che permette una combustione completa. In questo modo, si crea una zona senza ossigeno davanti al dardo della fiamma, chiamata zona di saldatura, che ha un effetto riduttore. La temperatura della fiamma è massima nella zona di saldatura, ossia 3200 °C, a circa 2 - 4 mm dal dardo della fiamma.

#### Regolazione neutra

Con un rapporto di 1:1 tra ossigeno e acetilene, il dardo di fiamma è di colore bianco lucente con contorni perfettamente definiti: questa regolazione è denominata "regolazione neutra".

L'acciaio deve essere saldato a fiamma neutra.

Con un eccesso di acetilene, il dardo della fiamma vacilla e appare verdastro. In questo caso, la fiamma trasporta del carbonio libero che penetra nella saldatura (fiamma carburante). La saldatura s'indurisce perché è arricchita di carbonio.

Con un eccesso di ossigeno, il dardo della fiamma si accorcia e diventa bluastro. Il cordone di saldatura assorbe ossigeno e diventa fragile; la fiamma è detta ossidante.

#### Posizione di lavoro

Non esiste alcuna regola precisa per la tenuta del cannello o della bacchetta. Si può saldare sia a destra sia a sinistra.

**Saldatura verso sinistra (fig. 1).** Si usa per saldare spessori di lamiera fino a 3 mm. La fiamma di saldatura è diretta nel senso d'avanzamento della sal-

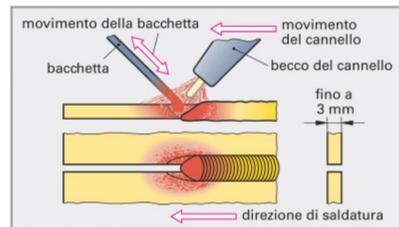


Figura 1: Saldatura verso sinistra

datura, di conseguenza il bagno di fusione è fuori dalla zona di saldatura. Inoltre, la bacchetta d'apporto impedisce alla fiamma di fondere la radice della saldatura. Il calore di saldatura preriscalda così la scanalatura da saldare e permette una velocità di saldatura elevata.

**Saldatura verso destra.** Si usa per saldare spessori di lamiera superiori a 3 mm.

**Bacchette per saldatura autogena.** Per le saldature di giunzioni contrapposte, le bacchette sono suddivise in sette classi, da G I a G VII, a seconda della composizione delle medesime e dall'idoneità alla saldatura dei diversi tipi di acciaio. Per normali acciai da costruzione, sono indicate in modo particolare bacchette di classe G II fino a G IV.

La classe di ogni bacchetta è impressa sulla medesima. Esistono bacchette di diversi diametri, mentre il tenore di rame serve come protezione contro la corrosione.

#### Taglio a cannello dell'acciaio

Con il taglio a fiamma si sfrutta la proprietà dell'acciaio di bruciare in presenza di ossigeno puro. Il cannello da taglio (fig. 2) è un tipo di cannello sul quale è presente un'ulteriore lancia provvista di una valvola per l'apporto dell'ossigeno di taglio.

La fiamma di riscaldamento del cannello innalza la temperatura della materia da tagliare a circa 1200 °C. Subito dopo l'apertura della valvola dell'ossigeno, il getto di ossigeno proveniente dall'ugello di taglio s'impatta con il pezzo arroventato; la combustione è istantanea e si sviluppa solo nel punto toccato dall'ossigeno. Contemporaneamente, la pressione del getto di ossigeno soffia dalla linea di taglio il materiale bruciato.

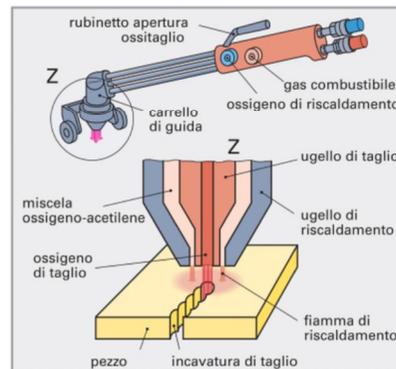


Figura 2: Ossitaglio dell'acciaio

#### Saldatura metallica elettrica

Mediante la saldatura elettrica (fig. 1), il calore prodotto dall'arco elettrico viene utilizzato per la fusione dei materiali nella zona di saldatura.

L'arco di scarica elettrica si sviluppa per brevi cortocircuiti tra elettrodo di saldatura e pezzo, formando una linea gassosa di conducibilità elettrica ad alta temperatura. Il materiale che fonde dall'elettrodo di saldatura forma assieme al materiale che fonde dai pezzi il caratteristico cordone di saldatura. L'arco voltaico deve essere corto (lunghezza dell'arco = diametro di elettrodo) in modo da limitare la presenza di ossigeno e azoto nel bagno fuso.

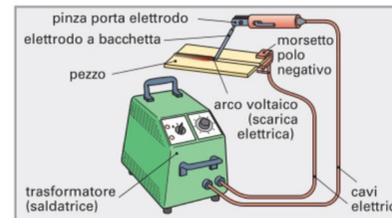


Figura 1: Saldatura elettrica

**Sorgenti di corrente di saldatura.** Come sorgenti di corrente sono utilizzati trasformatori per la saldatura a corrente alternata e raddrizzatori di corrente per la saldatura a corrente continua. Nelle officine del settore automobilistico, si salda spesso in condizioni di spazio ristrette e in vicinanza di componenti elettriche.

Per la saldatura a corrente alternata, la tensione a vuoto non deve oltrepassare 48 V, mentre per la saldatura a corrente continua non deve essere oltre 118 V. Queste sorgenti di corrente sono specificatamente indicate sugli apparecchi di saldatura (tab. 1).

Tabella 1: Classificazione apparecchi di saldatura per lavorazioni che comportano rischi di elettrocuzione

Saldatrice	Tensione massima a vuoto	Segno ident.
Saldatrice a trasformatore	48 V	S
Saldatrice a raddrizz. di cor.	113 V	S

**Elettrodi a bacchetta (fig. 2).** Sono composti da un'anima in filo metallico e da un rivestimento.

L'**anima del filo** fonde assieme al materiale da saldare formando il cordone. Il rivestimento forma la scoria. Grazie ad essa, il raffreddamento della saldatura è rallentato e le tensioni interne del cordone di-

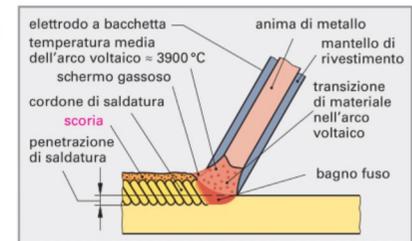


Figura 2: Arco voltaico

minuiscono. Fondendo, una parte del rivestimento si trasforma in gas, che forma uno strato protettivo attorno al bagno di fusione e all'arco. Esso impedisce un contatto con l'aria circostante e la combustione degli elementi della lega. Lo strato protettivo elettroconduttore fa sì che l'arco sia omogeneo.

Durante la saldatura con corrente alternata, il flusso gassoso permette di mantenere l'arco costantemente acceso, poiché il senso della corrente cambia continuamente.

**Utensili di saldatura (fig. 3).** Ad eccezione della superficie di contatto per l'elettrodo, la pinza porta-elettrodo, composta dall'impugnatura e dal dispositivo di chiusura, è isolata per proteggere l'operaio dalla tensione elettrica e dalle bruciature. Si utilizzano un martello a picchetto e una spazzola metallica per eliminare le scorie.

La maschera da saldatore è dotata di vetri speciali (filtri protettori per la saldatura), davanti ai quali si mettono dei vetri trasparenti. I guanti e i grembiuli, generalmente in cuoio, proteggono dalle scintille e dalle bruciature.

**Durante la saldatura, si deve indossare l'equipaggiamento personale di protezione!**

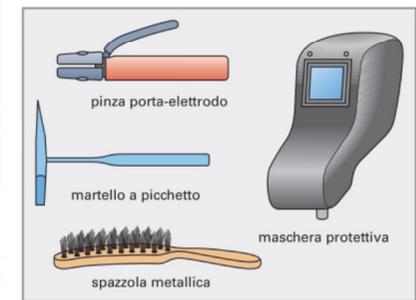


Figura 3: Utensili di saldatura

### Saldare sotto protezione di gas

Si tratta di un tipo di saldatura all'arco nella quale l'arco e il bagno fuso sono avvolti da un gas protettivo. Il gas è portato al punto di saldatura tramite l'impugnatura della torcia.

Si distinguono due modi per effettuare la saldatura all'arco con protezione di gas inerte. Si tratta della saldatura con un elettrodo di tungsteno non fusibile e della saldatura con un filo fusibile che funge da elettrodo.

Il gas protettivo utilizzato è determinato in funzione del processo di saldatura e del materiale da saldare.

Il cannello di saldatura è manovrato a mano o meccanicamente oppure mediante sistemi automatici. I cannelli per la saldatura di lamiere sottili sono raffreddati ad aria, mentre per la saldatura di pezzi di maggior spessore e per elevate intensità di corrente i cannelli sono raffreddati ad acqua.

I vantaggi della saldatura ad arco sotto protezione di gas sono i seguenti:

- assenza di aria circostante dal bagno di fusione;
- nessuna bruciatura degli elementi in lega;
- nessuna formazione di scorie;
- alta velocità di saldatura;
- zona di riscaldamento delimitata;
- debole deformazione.

**Direzione della saldatura.** Si distingue tra saldatura "a incidenza" e saldatura "a traino" rispetto al giunto saldato (fig. 1).



Figura 1: Saldatura a incidenza e a traino

### Saldatura sotto protezione di gas inerte con elettrodo in tungsteno (saldatura TIG, fig. 2)

L'arco si produce tra l'elettrodo in tungsteno che non fonde e il pezzo. La bacchetta di saldatura è condotta manualmente di lato nel bagno di fusione. A seconda del materiale del pezzo, la saldatura si effettua a corrente alternata oppure continua. Come gas di protezione, viene impiegato il gas nobile non reattivo argon oppure un gas misto argon-elio.

La saldatura TIG si presta in modo particolare per la saldatura di lamiere, profilati, tubi fino a spessori di 5 mm in acciaio resistente al calore, agli acidi o alla corrosione (acciai inox), oppure in rame o leghe di rame, così come in alluminio o leghe di alluminio.

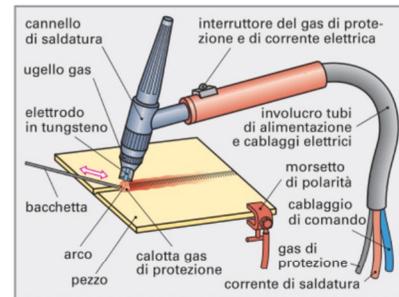


Figura 2: Saldatura a gas inerte con elettrodo in tungsteno

### Saldatura a filo continuo sotto protezione di gas (fig. 3 e fig 1, pag 161)

L'arco elettrico si crea tra il filo-elettrodo fusibile e il pezzo. Questo filo, che proviene da una bobina, è portato all'impugnatura della torcia da un motore attraverso un tubo flessibile. Per questo tipo di saldatura, si utilizza corrente continua.

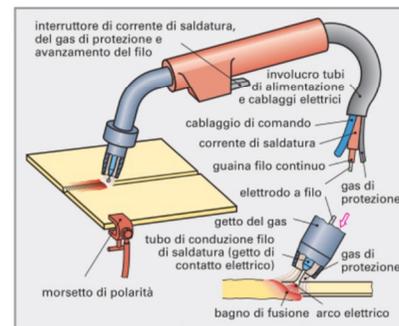


Figura 3: Pistola per saldare a filo continuo sotto protezione di gas

La corrente è trasmessa al filo-elettrodo dall'ugello di contatto elettrico. Il polo positivo è generalmente connesso al filo-elettrodo. La forte intensità di corrente che scorre nel filo di piccolo diametro provoca una grande potenza di fusione, una velocità di saldatura molto elevata e un'ottima penetrazione.

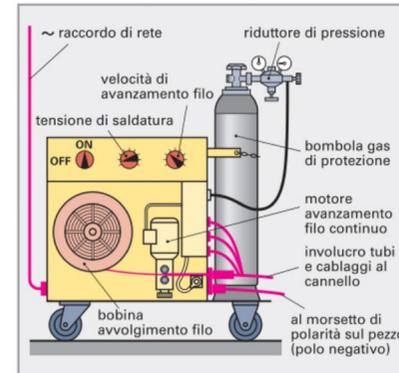


Figura 1: Installazione di saldatura MIG-MAG

### Saldatura a filo sotto protezione di gas inerte (saldatura MIG, fig. 3, pag. 160 e fig. 1)

Per questo sistema di saldatura, vengono adottati gas inerti (per esempio argon), i quali durante il procedimento di saldatura non causano reazioni chimiche di nessun genere.

La saldatura MIG si presta per saldature di grandi spessori su acciai altamente legati, su rame o leghe di rame, così come su alluminio o le sue leghe. Per la realizzazione di carrozzerie in metallo leggero, vengono saldati a MIG anche lamiere sottili in lega di alluminio tra di loro oppure in unione con elementi in pressofusione o con profilati estrusi.

### Saldatura a filo sotto protezione di gas attivo (saldatura MAG, fig. 3, pag. 160 e fig. 1)

Per questo sistema di saldatura, come gas di protezione viene adottata una miscela di gas argon e ossigeno oppure anidride carbonica pura.

La saldatura MAG è un sistema di saldatura a filo sotto protezione di gas attivo che si presta per la saldatura di acciai legati e non legati. Il gas di protezione contiene, insieme all'anidride carbonica e all'ossigeno, elementi attivi che reagiscono con il bagno di fusione.

L'elettrodo a filo metallico contiene elementi leganti come manganese e silicio per impedire l'ossidazione del bagno fuso.

Questi due elementi si legano con l'ossigeno, il quale si libera con la scomposizione dell'anidride car-

bonica oppure è presente come componente della miscela di gas.

Nelle officine, il lavoro di saldatura al filo con protezione di gas è realizzato di solito con un diametro del filo-elettrodo unico. Nella maggior parte dei casi, il diametro del filo-elettrodo è di 0,8 mm, qualche volta anche di 1 mm.

### Saldatura a laser

Con questo procedimento di saldatura, il calore necessario per la fusione dei pezzi da unire e del materiale di apporto viene prodotto da un raggio laser di elevata potenza energetica.

In un laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) un medium, per esempio formato da una miscela di gas elio-neon, viene portato a un livello di energia superiore mediante oscillazioni di spinta prodotte da elettroni. Questa energia viene in seguito rilasciata come onda elettromagnetica (per esempio come raggio di luce rossa) sotto forma di raggio altamente compatto e concentrato.

**Procedimento di saldatura.** Il disco a rullo di pressione (fig. 2) serve per fissare le parti da congiungere e per l'apporto del materiale di saldatura. Il raggio laser molto sottile rende possibile una saldatura di alta precisione. Il bagno di fusione è protetto da un gas di protezione in modo che non avvenga una reazione tra metallo fuso e l'aria ambiente.

La saldatura laser è applicata nell'industria automobilistica per la costruzione di carrozzerie. Con questo procedimento si salda acciaio, metalli leggeri e materie plastiche.

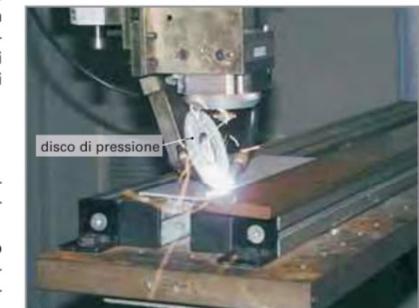


Figura 2: Saldatura a laser

Particolarità della saldatura a laser:

- giunzione netta e pulita;
- minima deformazione del materiale grazie al minimo apporto di calore durante la saldatura;
- alta capacità produttiva, alta stabilità;

- risparmio di peso grazie alle leggerissime o nulle sovrapposizioni di materiale;
- elevata resistenza.

### Saldatura a punti

Si tratta di un sistema di saldatura elettrica a pressione con cui viene realizzata una giunzione a vincolo di materia non scomponibile. I due lembi di lamiera sovrapposti sono uniti con singoli punti di saldatura allo stato pastoso e senza apporto di materiale mediante l'azione di calore e pressione.

La pressione necessaria è prodotta da elettrodi a puntale in rame. Attraverso gli elettrodi e i lembi di lamiera pressati in sovrapposizione, scorre per brevissimo tempo una forte corrente elettrica. Il calore necessario per la saldatura si sviluppa all'istante ed è prodotto dalla bassa resistenza elettrica nei punti di saldatura. Pressione, intensità di corrente e tempo di applicazione devono essere accordati tra di loro.

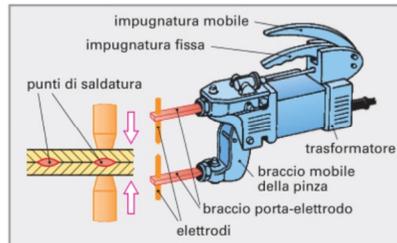


Figura 1: Saldatura a punti con puntatrice a pinza

Nel settore delle riparazioni di carrozzerie sono disponibili piccole puntatrici portatili (fig. 1) con trasformatore integrato. Gli elettrodi sono stretti a pressione mediante l'impugnatura mobile. I bracci porta-elettrodo esistono in due configurazioni in modo da poter operare anche in zone della carrozzeria di difficile accesso, comunque raggiungibili da ambedue i lati della giunzione.

**Puntatrice a pistola (fig. 2).** Con una puntatrice a pistola è possibile operare anche quando la posizione è raggiungibile da una sola parte. Per l'esecuzione dei punti di saldatura, l'elettrodo della pistola viene premuto sul punto di saldatura in modo tale che i lembi di lamiera siano completamente a contatto e premuti gli uni contro gli altri.

La saldatura a punti mediante pistola è adottata per molteplici usi:

- saldare a punti da un solo lato;
- raddrizzare ammaccature (con l'ausilio del martello estrattore);
- spianare lamiere;
- applicare perni filettati e spine.



Figura 2: Pistola per saldatura a punti

### REGOLE DI LAVORO

- Portare sempre occhiali di protezione durante la saldatura a gas e il taglio autogeno.
- Aprire i rubinetti delle bombole con cautela.
- Non imbrattare di olio e/o grasso i rubinetti delle bombole di ossigeno (pericolo di esplosione).
- Proteggere le bombole da urti e cadute, da alte e basse temperature.
- Utilizzare schermi protettivi dotati di protezioni laterali durante la saldatura ad arco.
- Schermare il posto di lavoro in modo tale che altre persone non vengano colpite dai raggi di saldatura.
- Indossare abiti di protezione ben chiusi e guanti contro spruzzi e proiezioni emesse dall'arco.
- Predisporre un'efficace ventilazione del posto di lavoro.

### DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Per quale motivo olio e grasso non devono imbrattare i rubinetti delle bombole di ossigeno?
- 2 Da cosa si riconosce una bombola di acetilene?
- 3 Quali indicazioni sono leggibili sul riduttore di pressione?
- 4 Per quale motivo si regola in modo neutro la fiamma per la saldatura autogena?
- 5 Su cosa si basa il taglio a fiamma?
- 6 Quali sono i sistemi di saldatura a fusione?
- 7 A cosa serve la ricopertura dell'elettrodo?
- 8 Quali apparecchiature di saldatura sono utilizzate per la saldatura sotto protezione di gas?
- 9 Quali vantaggi possiede la saldatura sotto protezione di gas rispetto ad altri sistemi di saldatura?

### 7.6.12 Incollaggio

L'incollaggio è un procedimento di giunzione indivisibile di materiali di uguale o differente composizione a vincolo di materia realizzata mediante l'apporto di una colla (materia non metallica).

#### Sollecitazione e realizzazione di un assemblaggio incollato

La solidità della giunzione dipende dalle forze di coesione esistenti nello strato di colla così come dalle forze di adesione esistenti tra la colla e le superfici delle parti da unire (fig. 1).

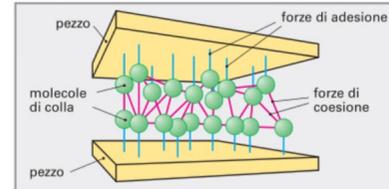


Figura 1: Forze agenti sulla giunzione incollata

Mentre le forze di coesione esistenti nello strato di materia collante dipendono essenzialmente dalle caratteristiche intrinseche della colla medesima, le forze di adesione dipendono soprattutto dalle effettive condizioni di massima pulizia delle superfici.

Solo con una pulizia adeguata si può sfruttare al meglio la forza di adesione della colla.

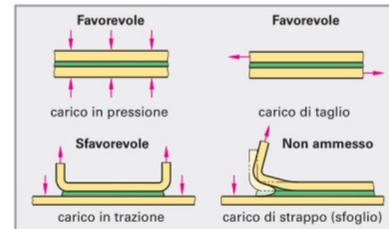


Figura 2: Sollecitazioni nella giunzione incollata

Per trasmettere forze elevate sono necessarie grandi superfici di contatto. Il giunto incollato dovrebbe essere posto sotto carico solo con forze di pressione o di taglio. È bene non applicare carichi per trazione (sollevamento parallelo, fig. 2) se non in valori minimi, mentre i carichi tangenziali (di sfoglio, strappo) sono da evitare perché potrebbero provocare la delaminazione della giunzione.

#### Tipologie di materiali collanti

**Colle reattive (tab. 1).** Induriscono autonomamente per reazione chimica delle componenti. A seconda della composizione, si distinguono colle a una oppu-

re a due componenti; a seconda della temperatura di lavorazione, si distinguono colle per applicazione a freddo oppure a caldo.

**Colle a una componente** (colle per vetri, viti di sicurezza). Contengono tutte gli elementi essenziali per l'incollaggio. Non necessitano di additivo indurente in quanto induriscono alla luce ambientale (raggi ultravioletti) e all'ossigeno contenuto nell'aria.

**Colle a due componenti** (colle per elementi di carrozzeria). Sono costituite dalla colla vera e propria e da una materia indurente. Dopo la miscelazione per reazione chimica, avviene l'indurimento che dipende dalla temperatura. La miscela collante deve essere lavorata in un determinato tempo in quanto, scaduto il tempo di essiccazione dell'indurente, non produce più una forza di adesione sufficiente.

**Colle a freddo.** Induriscono a temperatura ambiente. Sono impiegate spesso come materia di ermeticità.

**Colle a caldo.** Induriscono a una temperatura di 120 °C fino a 250 °C. A temperature inferiori, l'indurimento avviene solo dopo lungo tempo. La qualità della giunzione incollata dipende considerevolmente anche da influssi esterni, quali l'umidità dell'aria, temperatura e presenza di polvere. Le raccomandazioni di lavorazione sono assolutamente da seguire.

Tabella 1: Procedimenti di incollaggio reattivo nel settore delle riparazioni di autoveicoli

Colla/Componenti	Indurimento per	Applicazione
Poliuretano (PUR)	Umidità dell'aria	Mastice di carrozzeria
Acrilato di cianuro	Umidità dell'aria	Colla istantanea
Colle anaerobiche	Assenza d'aria e contatto con il metallo	Incollaggio di vetri
Resina epossidica	Resina e indurente	Incollaggio di elementi di carrozzeria
Poliuretano (PUR)	Indurente	Incollaggio di elementi di carrozzeria

### DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali forze determinano una giunzione incollata?
- 2 Per quale motivo le giunzioni incollate devono avere grandi superfici di contatto?
- 3 Quali modi di sollecitazione sono favorevoli per una giunzione incollata?
- 4 Cosa si intende per tempo di indurimento di una colla?
- 5 Elencate i fattori che possono influire sulla qualità di una giunzione incollata.
- 6 Come si differenziano colle a una componente da quelle a due componenti?

## 7.7 Trattamento delle superfici

Il trattamento di ricopertura di una superficie è un rivestimento mediante applicazione di uno strato permanente di materiali o sostanze senza forma definita su elementi, pezzi, corpi costruttivi.

Il trattamento di ricopertura di superficie permette:

- la protezione contro la corrosione, per esempio mediante spruzzatura di zinco (zincatura);
- il miglioramento dell'aspetto estetico, per esempio mediante verniciatura;
- il miglioramento della resistenza alla corrosione del metallo di base, per esempio cromatura dura, rivestimento in stellite di valvole motore;
- l'isolamento termico e acustico.

Prima dell'applicazione di una ricopertura, le parti da trattare devono essere perfettamente ripulite al fine di ottenere lavorazioni in perfetta adesione.

### Procedimento di pulitura

La pulitura è il procedimento di rimozione dalle superfici da trattare da impurità, corpi estranei e strati indesiderati.

Tabella 1: Procedimenti di pulitura

Meccanica a secco	Spazzolatura Martellatura Getto a pressione	Smerigliatura Lucidatura
Meccanica bagnato	Lavaggio a mano a getto di vapore a ultrasuoni	Lavaggio a macchina a ultrasuoni
Chimica	<b>Sgrassare</b> , per esempio, con detersivi con solventi organici (solventi sgrassanti) <b>Decappaggio</b> , per esempio, con diluizione di acido solforico per la rimozione di depositi da ossidazione o di calamina	

**Pulitura meccanica a secco.** Può essere attuata, per esempio, mediante spazzolatura, lucidatura, martellatura, sabbiatura, smerigliatura.

**Pulitura meccanica bagnata.** Può essere attuata mediante lavaggio a mano oppure mediante getto sotto pressione, a vapore, a ultrasuoni. Con la pulitura a ultrasuoni, il liquido pulente viene convertito in pulsazioni ad alta frequenza e, in tal modo, sono prodotte microscopiche bollicine di vacuum (diametro circa 0,0001 mm). Con l'esplosione delle bollicine (implosione), si originano pressioni fino a 1000 bar. Con questo sistema anche le più minuscole particelle di sporco, di impurità e corpi estranei possono essere rimosse da pori e fessure.

**Pulitura chimica.** Si effettua mediante sgrassatura o per decappaggio. Nella sgrassatura (fig. 1) il grasso viene scomposto e disperso in minuscole particelle

di grasso per immersione o spruzzatura con solventi organici. Le particelle di grasso si distribuiscono uniformemente in un'emulsione e poi espulse insieme all'acqua di lavaggio. Solventi alcalini, per esempio soda caustica, trasformano i grassi in saponi (saponificazione) i quali sono lavati via con l'acqua. Con il decappaggio sono rimossi da superfici metalliche e non metalliche strati di ossido e calamina mediante soluzioni di acidi diluiti.

Devono essere severamente applicate le direttive di smaltimento e riciclaggio di prodotti chimici di pulizia secondo le normative di legge vigenti e le disposizioni locali.

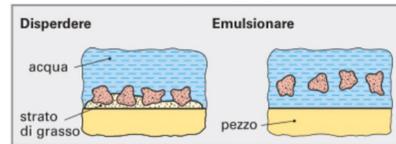


Figura 1: Sgrassatura

### Procedimenti di trattamento di superfici

#### Protezione termica di metallo

Durante la spruzzatura termica di metallo, il materiale di protezione in fusione è disperso finemente e spruzzato sulle superfici del pezzo.

Tabella 2: Procedimenti di trattamento di superfici

Rivestimento	Metodo
Metallico	<b>Spruzzatura metallica</b> , per esempio, spruzzatura a fiamma, a plasma <b>Galvanizzare</b> , per esempio, cromatura, immersione (zincatura a fuoco di pianali di carrozzerie)
Non metallico o inorganica	<b>Applicazione di uno strato di protezione</b> , per esempio, fosforizzazione cromatura a colore, anodizzazione
Non metallico o organico	<b>Applicazione di colori, verniciatura, plastificazione</b> , per esempio, sinterizzazione a vortice, applicazione di cere

Il materiale che viene spruzzato si deposita sulle superfici delle parti trattate per adesione e coesione delle singole particelle metalliche.

La spruzzatura metallica si distingue a seconda del procedimento di fusione:

- **spruzzatura fusa** (a bagno fuso), metalli a basso punto di fusione fusi in caldaia vengono spruzzati sulle parti da rivestire;
- **spruzzatura a fiamma** (fig. 1, p. 165), metalli con punto di fusione sotto 3000 °C fusi in una fiamma ossiacetilenica sono spruzzati sulle superfici da trattare mediante gas in pressione;

• **spruzzatura ad arco elettrico** (fig. 2), il filo metallico per il rivestimento è fuso a temperatura sopra 5000 °C e spruzzato ad aria compressa sulle parti da trattare;

• **spruzzatura al plasma** (fig. 3), metalli ad alta temperatura di fusione e anche non metalli (per esempio ossido di alluminio) sono fusi come materia di rivestimento sotto forma di polvere a temperature di 10000-20000 °C per poi essere spruzzata mediante getti al plasma sulle parti da trattare.

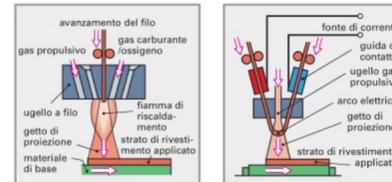


Figura 1: Spruzzatura a fiamma

Figura 2: Spruzzatura ad arco elettrico

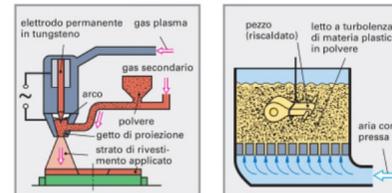


Figura 3: Spruzzatura al plasma

Figura 4: Sinterizzazione a vortice

### Galvanizzare

Tramite elettrolisi, il pezzo da proteggere è rivestito di uno strato metallico formato da una soluzione salina acquosa di metallo.

La protezione contro la corrosione per quasi tutte le parti di carrozzeria avviene mediante galvanizzazione, per esempio, zincatura elettrolitica di lamierati di carrozzeria, cromatura di liste di abbellimento.

### Ricoperture ceramiche

Materiali ceramici sono spruzzati sulle parti da trattare mediante aderenza prodotta unicamente per agganciamento (vincolo di forma). I trattamenti ceramici servono come protezione termica e come protezione contro la corrosione e antiusura.

### Ossidare

Mediante l'ossidazione di superfici metalliche si crea una corrosione artificiale, per esempio, mediante anodizzazione. L'ossidazione produce una trasfor-

mazione del materiale di base alla superficie, non avviene di fatto un'applicazione di uno strato aggiunto. **Applicazione:** elementi in alluminio anodizzato (cerchi ruota, liste di abbellimento per abitacoli).

### Ricoperture in materiale plastico

Le ricoperture in materiale plastico sono possibili su quasi la totalità dei materiali, per esempio mediante applicazione a pennello, a spatola, a immersione, a pellicola, elettro-statica, proiezione a fiamma, sinterizzazione a vortice (turbolenza). Nella sinterizzazione a turbolenza (fig. 4), il pezzo preriscaldato (fino a circa 300 °C) viene mantenuto in un letto di polvere messa in turbolenza mediante aria compressa. La polvere aderisce sulle parti da trattare, realizzando in tal modo lo strato di ricopertura. Le ricoperture in materiale plastico producono effetti anticorrosivi, di smorzamento termico e acustico e di isolamento elettrico, oltre a effetti puramente decorativi.

### Verniciare

La verniciatura protegge la carrozzeria dalla corrosione, oltre a renderla esteticamente gradevole.

La protezione a base di vernice deve essere resistente ai graffi e agli agenti atmosferici, come il forte irraggiamento solare (raggi UV) e le piogge acide. Sostanze aggressive, come escrementi di volatili, non devono danneggiare la carrozzeria. La verniciatura è costituita da diversi strati sovrapposti (fig. 5). Nelle riparazioni di carrozzeria sono applicati, dopo la verniciatura alla base della lamiera, due nuovi strati (tre per vernici metallizzate).



Figura 5: Composizione di una verniciatura di automobile

### Trattamento a base di cera

È adottato per sigillare spazi vuoti e come protezione di sottoscocca.

Protegge dall'umidità e crea, con l'aggiunta di prodotti anticorrosivi (inibitori di corrosione), una protezione duratura contro la corrosione.

### DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Cosa si intende con il termine rivestimento?
- 2 Per quali motivi le parti da trattare devono essere sottoposte prima a pulitura?
- 3 Quali vantaggi portano i rivestimenti in materiale plastico?
- 4 Cosa si intende per rivestimento a spruzzatura metallica?
- 5 Come è strutturata la verniciatura di riparazione di una vernice metallizzata?