

8 Tecnologia dei materiali

8.1 Proprietà dei materiali

La scelta dei materiali, per esempio nel settore dell'automobile, è determinata da particolari condizioni. I materiali devono:

- sopportare le sollecitazioni nelle condizioni d'impiego;
- originare bassi costi di materia prima e di lavorazione;
- essere rispettosi dell'ambiente e compatibili con il riciclaggio.

8.1.1 Proprietà fisiche

Le proprietà fisiche non producono alcuna modifica della materia prima; esse definiscono il comportamento dei materiali.

Le proprietà fisiche più importanti sono:

- densità;
- dilatazione termica;
- conducibilità termica;
- tenacità;
- fragilità;
- durezza;
- tensione;
- resistenza;
- elasticità;
- plasticità;
- temperatura di fusione;
- conduttività elettrica.

La **densità** ρ (rho) di una materia è il rapporto tra la sua massa m e il suo volume V (fig. 1). È detta anche massa volumica.

$$\text{Massa volumica } \rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{m}{V}$$

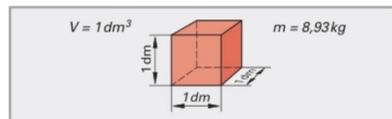


Figura 1: Cubo di un dm³ (rame)

Tabella 1: Densità delle materie			
Materia	Massa vol. kg/dm³	Materia	Massa volumica kg/dm³
acqua	1,00	titanio	4,54
acciaio	7,85	rame	8,93
ghisa	7,25	piombo	11,30
alluminio	2,70	PVC	1,40
gasolio	0,82 ... 0,86		
benzina verde	0,73 ... 0,78		
aria a 0°C e 1,013 bar			1,29 kg/m³

La densità per materie solide e liquide viene indicata in kg/dm³, g/cm³ oppure t/m³, mentre per sostanze gassose in kg/m³ (tab. 1).

Dilatazione termica. Con l'aumento della temperatura, i corpi si dilatano in ogni direzione. Per le materie solide, si misura solamente l'allungamento lineare (fig. 2). Un aumento di temperatura di 1 K corrisponde al coefficiente di dilatazione lineare α (alpha) in 1/K.

La dilatazione δ (delta) di una materia al riscaldamento dipende da:

- lunghezza l_0 in m prima del riscaldamento;
- differenza di temperatura ΔT in K;
- coefficiente di dilatazione lineare della materia α espresso in 1/K (tab. 2).

$$l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

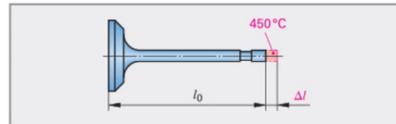


Figura 2: Dilatazione termica

Tabella 2: Coefficiente di dilatazione lineare α	
Materia	α in 1/K
acciaio non legato	0,000 011 5
rame	0,000 017
alluminio	0,000 023 8
policloruro di vinile (PVC)	0,000 11

Conducibilità termica. È la capacità di condurre il calore in modi diversi. Si indica con il coefficiente di conducibilità termica. I metalli come rame e alluminio sono buoni conduttori di calore, mentre aria, vetro e plastica sono tra i cattivi conduttori.

Tenacità. È la capacità di una materia sottoposta a forze esterne di deformarsi plasticamente senza rottura. La materia contrappone una grande resistenza alla deformazione. Materiali tenaci sono, per esempio, acciai da costruzione, piombo e rame.

Fragilità. Materie classificate come fragili sono quelle che, sottoposte a colpi o urti, si rompono a pezzi senza apparente deformazione, come, per esempio, vetro e ghisa a grafite lamellare.

Durezza. È la resistenza che una materia oppone alla penetrazione di un corpo estraneo, per esempio una sfera (fig. 1). Materie dure sono: acciaio temprato, metallo duro, diamante.

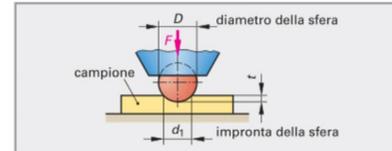


Figura 1: Prova di durezza Brinell

Tensione

Quando delle forze esterne influenzano un corpo, nasce una tensione meccanica σ (sigma) nel corpo. Questa tensione può essere espressa con la relazione della forza applicata F in rapporto alla sezione S (fig. 2). La tensione meccanica è spesso indicata in N/mm². In funzione della direzione delle forze esterne, si formano una tensione e un carico differenti, tali che nascono sollecitazioni di trazione, di pressione, di taglio, di flessione, di pressoflessione (accartocciamento in pressione) e di torsione.

Resistenza alla trazione

La resistenza alla trazione determina il carico massimo che la materia può sopportare sino alla sua distruzione. La prova di resistenza alla trazione è realizzata con l'aiuto di una provetta (fig. 2).

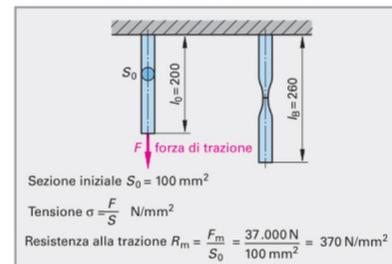


Figura 2: Prova di trazione

Le due estremità della provetta vengono fissate a una macchina che, per trazione, la allungherà fino a raggiungere la rottura (prova distruttiva). Delle apparecchiature di misura determinano la forza di trazione e l'allungamento subito dal materiale testato. All'inizio della prova, l'allungamento è proporzionale alla forza di trazione fino al limite apparente d'elasticità R_e (fig. 3). In questo settore, la materia si comporta in modo elastico. Dopo aver varcato il limite apparente d'elasticità, l'allungamento continua, mentre la forza di trazione resta uguale o, addirittura, diminuisce. Durante un aumento continuo della forza di trazione, la materia passa nella zona plastica e

l'allungamento aumenta rapidamente. Al punto B, la provetta raggiunge il limite di costrizione, è il punto di rottura. Questo valore è utilizzato per calcolare la resistenza alla trazione R_m . Essa viene indicata in N/mm² e si rapporta alla sezione iniziale S_0 . La sezione della provetta diminuisce fortemente (fenomeno di restringimento del diametro) e infine si rompe.

$$\text{Resistenza alla trazione} = \frac{\text{forza di trazione massima (forza di rottura)}}{\text{sezione iniziale}} = \frac{F_m}{S_0}$$

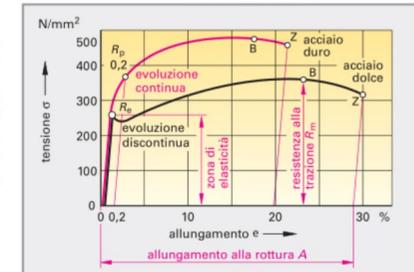


Figura 3: Rappresentazione schematica delle prove di trazione

Elasticità

Una materia è elastica quando essa riprende la sua forma iniziale dopo l'annullamento del carico. Per esempio una molla viene compressa da un carico e, dopo l'eliminazione del carico, riprende la sua forma iniziale. L'acciaio (fig. 3) si comporta in maniera elastica quando viene caricato con una forza fino al suo limite apparente d'elasticità.

Plasticità

La proprietà di un materiale di mantenere la sua nuova forma, dopo una deformazione, si chiama plasticità.

Temperatura di fusione (punto di fusione)

Quando una materia raggiunge la sua temperatura di fusione, diventa liquida. La temperatura di fusione è indicata in °C (tab. 1). I metalli puri hanno una temperatura di fusione definita, mentre la temperatura di fusione delle leghe varia secondo la loro composizione.

Tabella 1: Temperature di fusione	
Materia	Punto di fusione in °C
Piombo	327
Alluminio	660
Ghisa	1200
Tungsteno	3410

Conduttività elettrica

La conduttività elettrica γ (gamma) indica in quale misura un materiale conduce la corrente elettrica (tab. 1). Tutti i metalli conducono la corrente. I non metalli, per esempio le materie plastiche e la porcellana sono dei non conduttori; essi sono utilizzati come isolanti.

Tabella 1: Conducibilità elettrica	
Materia	γ in $\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}$
Argento	60
Rame	56
Alluminio	$10^{-15} \dots 10^{-20}$

8.1.2 Proprietà tecniche

Le proprietà tecniche (fig. 1) determinano l'attitudine di un materiale ad adattarsi ai diversi processi di fabbricazione.

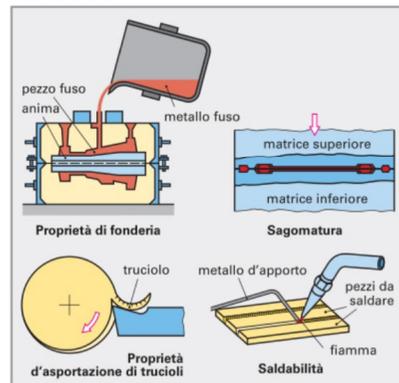


Figura 1: Proprietà tecniche

Proprietà di fonderia (fusibilità). Una materia è colabile, quando essa diventa liquida per fusione e non assorbe praticamente alcun gas. La sua temperatura di fusione non deve essere troppo elevata e la materia non deve contrarsi troppo durante la solidificazione. Le materie che hanno una buona fusibilità sono, per esempio, la ghisa, le leghe colate d'alluminio, le leghe colate di rame-zinco. Le materie difficilmente colabili sono, per esempio, l'alluminio e il rame non legati.

Sagomatura. Una materia è sagomabile, quando si lascia deformare in modo plastico durante la fabbricazione. Si distinguono:

- la sagomatura a freddo, per esempio la laminatura a freddo, la piegatura, l'imbutitura;
- la sagomatura a caldo, per esempio la laminatura a caldo e la forgiatura.

I materiali sagomabili sono: l'acciaio a basso tenore di carbonio, il piombo, il rame, l'alluminio e le loro leghe forgiabili. I materiali non sagomabili sono, per esempio, le ghise di stampaggio e i metalli duri.

Proprietà d'asportazione di trucioli (truciabilità). Si tratta di materie che si lasciano facilmente lavorare mediante asportazione di trucioli (lavorazioni di tornitura, fresatura, foratura, molatura). Trucioli corti e superfici lisce devono essere il risultato di una buona lavorazione oltre a un'ottima durata di servizio degli utensili.

Le materie facilmente lavorabili mediante asportazione di trucioli hanno una bassa tenacità e una resistenza media. Questi materiali possono essere, per esempio, acciai non legati o debolmente legati, la ghisa, l'alluminio e le sue leghe.

Saldabilità. La saldabilità è la proprietà di una materia di legarsi facilmente allo stato liquido o pastoso. I materiali utilizzati per la costruzione di un veicolo si devono poter saldare facilmente, come per esempio, gli acciai da costruzione e le leghe d'alluminio forgiabili. Certi metalli sono difficilmente saldabili senza l'utilizzo di un processo speciale, per esempio la ghisa.

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Secondo quali criteri si sceglie il materiale per un pezzo?
- 2 Nominare le proprietà fisiche dei materiali.
- 3 Da cosa dipende l'allungamento lineare di un corpo solido durante il suo riscaldamento?
- 4 Citare la differenza di dilatazione termica tra l'acciaio e l'alluminio.
- 5 Cosa indica la densità di una materia?
- 6 Cosa sono il limite apparente d'elasticità R_e e la resistenza alla trazione R_m di una provetta?
- 7 Spiegate la definizione di "materia elastica".
- 8 Cosa significa durezza e fragilità?
- 9 Nominare le proprietà tecniche dei materiali.
- 10 Quali sono le possibilità di sagomatura dei materiali?

8.1.3 Proprietà chimiche

Il comportamento e le proprietà chimiche dei materiali variano in funzione delle sollecitazioni a cui sono sottoposti:

- fattori ambientali (umidità dell'aria, acqua);
- prodotti aggressivi (acidi, detersivi, sali);
- calore (durante la ricottura).

Sotto l'influenza di uno dei fattori succitati, un materiale può presentare le seguenti proprietà:

- resistenza alla corrosione;
- tossicità;
- resistenza al calore;
- combustibilità.

Resistenza alla corrosione. È la resistenza del materiale di fronte agli agenti aggressivi (per esempio acidi, saponi). L'influenza di queste sostanze non deve avere alcun effetto misurabile sulla superficie del materiale.

Tossicità. Alcuni materiali possono avere effetti tossici quando entrano in contatto con prodotti alimentari, per esempio gli acidi della frutta in contatto con lo zinco. Il piombo e il cadmio sono tossici quando penetrano nelle mucose.

Resistenza al calore. Durante la ricottura sopra i 600 °C, la maggior parte degli acciai produce della calamina se si trova in un'atmosfera ossidante.

Combustibilità. Essa è bassa per la maggior parte dei metalli. Alcuni metalli fanno eccezione, come per esempio il potassio, il sodio, il magnesio. Le materie plastiche hanno una forte tendenza alla combustione a causa del loro basso punto d'infiammabilità.

Corrosione. Essa è la reazione di un materiale metallico con elementi esterni. La corrosione modifica la struttura del materiale e influenza negativamente l'utilizzo e la funzione del pezzo.

I fattori ambientali e i prodotti aggressivi possono provocare la corrosione dei materiali metallici.

Si distinguono la **corrosione elettrochimica** e la **corrosione chimica**.

Corrosione elettrochimica. Essa avviene quando due metalli differenti sono in presenza di un elettrolito (liquidi acidi, basici o soluzioni saline). Si forma un elemento galvanico nel quale circola una corrente elettrica. Il valore della tensione dipende dalla posizione dei metalli nella classificazione delle tensioni elettrochimiche (fig. 1).

La differenza di tensione tra due metalli è tanto più elevata quanto questi si trovano lontani l'uno dall'altro nella classificazione delle tensioni.

Se la differenza di tensione aumenta, anche la corrosione elettrochimica aumenta. Lo spostamento degli elettroni avviene sempre dal metallo meno nobile (metallo con un eccesso d'elettroni, carica negativa) verso il metallo più nobile (carica positiva). Si ha dunque una distruzione del metallo meno nobile. Durante il processo elettrochimico, le particelle staccate possono entrare in combinazione chimica con l'elettrolito, causando una contemporanea corrosione chimica.

Corrosione chimica. La maggior parte dei metalli subisce una corrosione chimica sulla superficie quando sono sottoposti all'influenza di acidi, basi, soluzioni saline o di gas (per esempio l'ossigeno). Sulla superficie si forma uno strato di corrosione

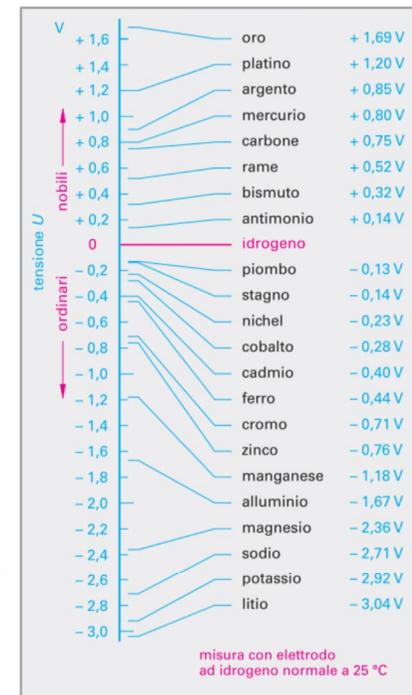


Figura 1: Tensione elettrochimica

causato dalla reazione chimica. Se lo strato corrosivo non è poroso, è insolubile all'acqua e impermeabile ai gas, può impedire la progressione della corrosione e agire come strato di protezione anticorrosivo, per esempio l'allumina sull'alluminio. Se lo strato corrosivo è poroso, solubile all'acqua e permeabile ai gas, la corrosione prosegue fino alla distruzione del materiale, per esempio la ruggine sull'acciaio.

Influenze. La corrosione può essere influenzata:

- dalla composizione chimica, per esempio un acciaio fine legato;
- dal grado di purezza, per esempio da elementi di leghe non desiderati introdotti durante la produzione di un acciaio;
- dallo stato di superficie, per esempio mediante lucidatura della superficie anodizzata d'alluminio;
- dalla composizione della materia aggressiva, per esempio tenore di sale o d'ossigeno, acido carbonico nell'acqua, percentuale di zolfo nei liquidi, particelle di polvere ed elementi solidi nei gas;
- dalla pressione e temperatura della materia aggressiva.

Forme di corrosione

Corrosione regolare della superficie (fig. 1). Il metallo è interamente corrosivo, parallelamente alla superficie, indipendentemente dalla velocità della corrosione. Per costruzioni d'acciaio, per esempio nelle costruzioni di ponti, la diminuzione della resistenza dei pezzi viene considerata durante il calcolo del dimensionamento dei pezzi.

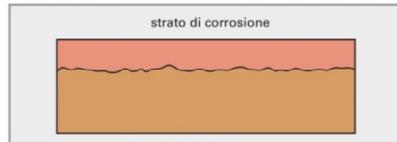


Figura 1: Corrosione regolare della superficie

Corrosione perforante (fig. 2). È un processo di corrosione localizzato che provoca delle cavità a forma di crateri o di punture d'ago e porta, infine, alla perforazione del pezzo.

La profondità delle cavità di corrosione è generalmente più grande del diametro.

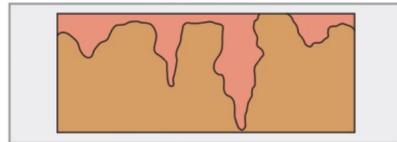


Figura 2: Corrosione perforante

Corrosione per contatto (fig. 3). Essa si produce quando due metalli lontani l'uno dall'altro nella classificazione delle tensioni elettrochimiche si toccano e nel punto di contatto è presente un elettrolito. Per esempio, in una fessura tra due metalli di costruzione si può formare un elemento galvanico che distrugge il metallo meno nobile. La formazione dell'elemento galvanico può essere evitata se il punto di contatto è protetto contro l'elettrolito.

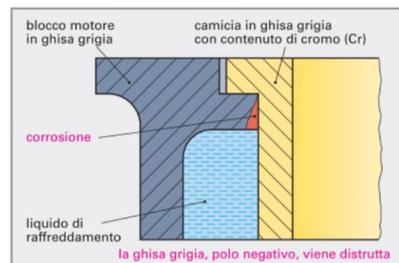


Figura 3: Corrosione per contatto

Corrosione intercrystallina (corrosione intergranulare) (fig. 4). In una lega, una corrosione elettrochimica si produce tra i cristalli metallici delle diverse leghe, formando delle fessure capillari non visibili.

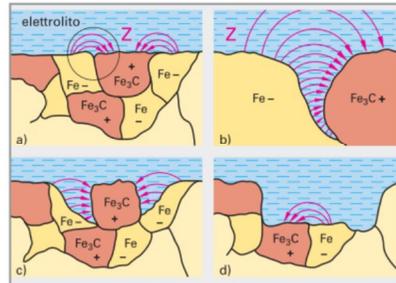


Figura 4: Corrosione intercrystallina

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Cosa si intende per corrosione chimica ed elettrochimica?
- 2 Come si forma la corrosione intercrystallina?
- 3 Da quali fattori può essere influenzata la corrosione?

8.2 Classificazione dei materiali

Per ottenere una panoramica dei numerosi materiali, si classificano secondo le loro composizioni o le proprietà comuni in tre gruppi principali: metalli, non metalli e materiali compositi (fig. 1, pag. 171). Questi gruppi possono essere suddivisi in sottogruppi.

Metalli da fonderia. Questi materiali presentano una buona resistenza e si lasciano colare facilmente negli stampi.

Sono utilizzati per i pezzi che si lasciano formare facilmente tramite colata, per esempio il blocco motore.

Acciai. Gli acciai sono dei metalli ferrosi di grande resistenza e sono adatti soprattutto per la messa in forma tramite laminazione, forgiatura o lavorazione mediante asportazione di trucioli.

Si producono per esempio profilati, lamiere, alberi e ruote d'ingranaggi.

Metalli pesanti (massa volumica sopra i 5 kg/dm³). Sono il rame, lo zinco, lo stagno, il piombo, il cromo, il nichel.

Il loro impiego dipende soprattutto dalle loro proprietà specifiche. Il rame, per esempio, è utilizzato come conduttore elettrico grazie alla sua buona conduttività elettrica.

Metalli leggeri (massa volumica inferiore a 5 kg/dm³). Sono l'alluminio, il magnesio e il titanio. I pezzi prodotti con queste leghe sono leggeri pur avendo una buona resistenza. Sono utilizzati soprattutto per la costruzione di autoveicoli e aerei.

Materiali naturali. I materiali naturali sono presenti in natura, per esempio il cuoio, il sughero, le materie fibrose. Sono utilizzati in casi speciali, per esempio il cuoio come rivestimento.

Materiali sintetici. Sono materiali prodotti artificialmente da diversi processi o per trasformazione dei

materiali naturali. Per esempio le materie plastiche.

Materiali compositi. Questi si compongono di diversi materiali per combinare le loro proprietà. Per esempio il materiale d'attrito delle pastiglie per i freni, le fibre di vetro, le piastre per circuiti stampati.

Materiali consumabili e materie ausiliarie. Per funzionare, le macchine hanno bisogno di materiali consumabili, per esempio i veicoli hanno bisogno di carburante, di lubrificanti, di liquido di raffreddamento, di liquido per i freni. Per la loro fabbricazione e i loro trattamenti, sono necessarie delle materie ausiliarie.

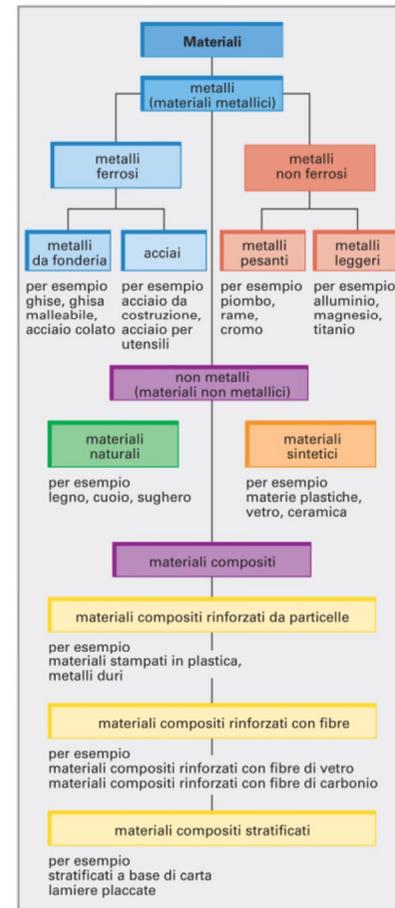


Figura 1: Classificazione dei materiali



Figura 2: Prodotti di servizio e materie ausiliarie

8.3 Struttura dei materiali metallici

Durante la loro solidificazione, tutti i metalli in fusione formano dei cristalli. In questa occasione, gli atomi occupano il loro posto nel cristallo secondo determinate regole proprie di ogni metallo (fig. 3).

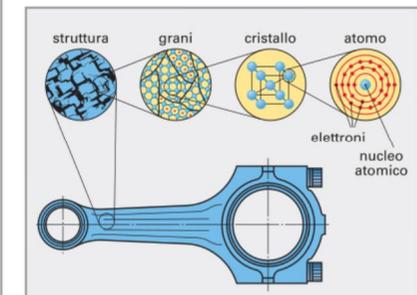


Figura 3: Struttura dei materiali metallici

Durante la solidificazione, gli atomi della maggior parte dei non metalli si dispongono, invece, senza una regola precisa (in modo amorfo).

Legame metallico (fig. 1). La struttura atomica dei metalli è caratterizzata dal fatto che essi possiedono, oltre ad elettroni fissi nel nucleo atomico, degli elettroni "liberi" situati sugli orbitali esterni. Gli atomi metallici, elettricamente neutri, diventano degli ioni metallici di carica positiva, quando perdono uno o più elettroni liberi di carica negativa. Gli elettroni liberi non sono fissati in un luogo preciso; essi penetrano nel sistema degli ioni metallici, ma non possono lasciarlo di propria iniziativa. Le forze d'attrazione elettriche tra gli elettroni di carica negativa e gli ioni metallici di carica positiva influenzano la coesione delle molecole e la resistenza del materiale metallico. Questo tipo di legame, chiamato legame metallico, è caratteristico di tutti i metalli.

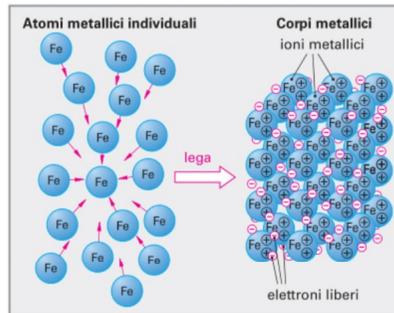


Figura 1: Formazione del legame metallico

8.3.1 Reti cristalline dei metalli puri

I metalli si cristallizzano soprattutto in tre forme cristalline:

- cristallo cubico a corpo centrato;
- cristallo cubico a facce centrate;
- cristallo esagonale compatto.

Cristallo cubico a corpo centrato "ccc" (tab. 1). La forma di base del cristallo è un cubo. Gli ioni metallici si dispongono in modo tale che i trattini di collegamento formino un cubo. Inoltre, uno ione metallico si trova al centro del cubo. A temperature inferiori a 900 °C, il cromo, il molibdeno, il vanadio, il tungsteno e il ferro formano dei cristalli cubici centrati.

Cristallo cubico a facce centrate "cfc" (tab. 1). La forma di base di questo cristallo è anch'essa un cubo. Negli otto angoli del cubo si trova uno ione metallico. Inoltre, uno ione metallico si trova al centro di ognuna delle sei facce laterali. Con temperature superiori a 900 °C, l'alluminio, il piombo, il rame, il nichel, il platino, l'argento e il ferro formano dei cristalli cubici a facce centrate.

Cristallo esagonale compatto (tab. 1). La forma di base di questo cristallo è un prisma con superfici in-

Tabella 1: Forme di cristalli nei metalli	
Modello a sfere	Modello a reticolo
ioni metallici	ioni metallici
ioni metallici	ioni metallici
ioni metallici	ioni metallici

feriori e superiori a forma esagonale. Gli ioni metallici si raggruppano sull'esagono delle facce inferiori e superiori; al centro di queste facce si trova uno ione. Inoltre, il cristallo esagonale contiene tre ioni metallici al centro del prisma. Il cadmio, il magnesio, il titanio e lo zinco formano dei cristalli esagonali.

Struttura del metallo

È costituita da cristalliti o grani delimitati in modo irregolare. I grani sono costituiti da cristalli. I singoli grani del metallo solidificato si incontrano in un punto chiamato limite dei grani. Se si osserva al microscopio una superficie metallica lucidata e decapata, si possono osservare i grani e i limiti dei grani nel suo taglio micrografico.



Figura 2: Immagine micrografica della struttura metallica

La forma della struttura ha un'importante influenza sulle caratteristiche dei metalli, per esempio sulla resistenza e sulla durezza.

8.3.2 Reti cristalline delle leghe metalliche

Nel settore tecnico, la maggioranza dei metalli non viene impiegata nella forma pura, bensì sotto forma di leghe.

Le leghe di soluzioni solide si formano quando nel processo di solidificazione gli atomi della componente legante si distribuiscono in modo uniforme nel reticolo del metallo di base.

In questo modo può succedere che:

- gli atomi della componente legante si aggregano al posto di uno ione metallico del metallo di base (scambio di soluzione solida, fig. 1);

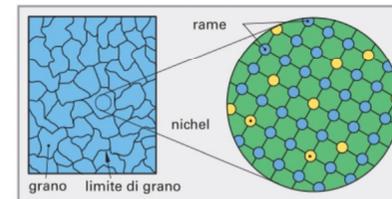


Figura 1: Struttura con scambio di soluzione solida

- gli atomi della componente legante si dispongono tra gli ioni del metallo di base (soluzione solida di inserimento o interstiziale, fig. 2).

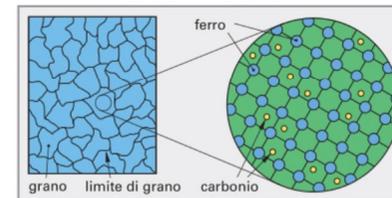


Figura 2: Struttura con soluzione interstiziale

La durezza e la resistenza di una lega a scambio di soluzione solida sono superiori a quelle del metallo di base grazie alla maggior tensione del reticolo originata dalla componente legante che si è inserita. Questi tipi di lega si formano, per esempio, legando ferro con manganese o ferro con nichel oppure ancora con rame e nichel.

Le leghe cristalline si formano quando, nel processo di solidificazione della massa fusa, le componenti leganti si separano. Ogni componente forma cristalli propri (fig. 3).

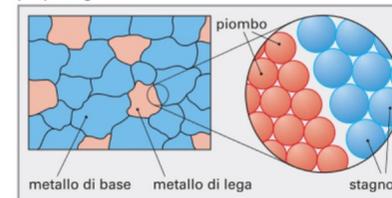


Figura 3: Struttura con leghe cristalline

Le leghe cristalline si formano, per esempio, quando si legano piombo e stagno (stagno da brasatura).

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Quali forme di cristallo si trovano principalmente nei metalli?
- 2 Cosa si intende per legame metallico?
- 3 Come si formano i grani e i contorni (limiti) di grani in una struttura metallica?
- 4 Nel settore tecnico in quale forma vengono principalmente impiegati i metalli?
- 5 Qual è la differenza tra leghe di soluzioni solide e leghe cristalline?

8.4 Metalli ferrosi

I metalli ferrosi sono materiali metallici le cui caratteristiche possono essere modificate secondo necessità con diversi procedimenti di produzione, mediante processi di legame oppure di trattamento termico. I materiali metallici possiedono, per esempio, alta resistenza, buone caratteristiche di fusibilità, malleabilità e possono essere lavorati mediante asportazione di trucioli e saldatura. Si suddividono in:

- acciaio;
- metalli ferrosi da fonderia.

8.4.1 Acciaio

Alla ghisa bianca di prima fusione è ridotto, mediante ossidazione, il contenuto di carbonio, silicio e manganese. Inoltre, sono eliminati anche fosforo e zolfo. In questo modo la materia ferrosa diventa forgiabile.

L'acciaio senza trattamenti successivi è più forgiabile del materiale ferroso.

8.4.2 Metalli ferrosi da fonderia

Ghisa a grafite lamellare (ghisa grigia)

La ghisa a grafite lamellare è una ghisa di seconda fusione nella quale la grafite si forma in modo lamellare.

Ghisa a grafite lamellare

Indicazione breve	EN-GJL
Densità	7,25 kg/dm ³
Punto di fusione	1.150 °C ... 1.250 °C
Temp. di fusione	circa 1.350 °C
Resisten. trazione	100 N/mm ² ... 400 N/mm ²
Allungamento	quasi nullo

Produzione. La ghisa a grafite lamellare si prepara in forni a fusione partendo dalla ghisa grezza e dai rottami di acciaio. Dopo un lento raffreddamento, il carbonio si presenta sotto forma di grafite, principalmente in lamelle e si accumula tra i cristalli del materiale di base.

Proprietà. La grafite conferisce alla superficie fratturata la caratteristica colorazione grigia, favorisce buone proprietà di scorrevolezza, facilità di lavorazione e ha buone proprietà di smorzamento delle vibrazioni. L'alto tenore di carbonio, da 2,8 fino a 3,6%, favorisce un basso punto di fusione e una buona coesione. Nella ghisa, le lamelle di grafite producono un effetto cricca (di intaccatura) per il quale la resistenza alla trazione e l'allungamento vengono considerevolmente diminuiti.

Applicazioni. Viene utilizzata, per esempio, per la fabbricazione di blocchi motore, segmenti, corpi scatalati, collettori di scarico, tamburi freno, dischi freno, carter frizione, piatti spingidisco frizione.

Ghisa a grafite sferoidale (ghisa duttile).

La ghisa a grafite sferoidale è una ghisa in cui la grafite si trova sotto forma di sfere.

Ghisa a grafite sferoidale	
	Indicazione breve EN-GJS
	Densità 7,1 kg/dm ³ ... 7,3 kg/dm ³
	Punto di fusione 1.400 °C
	Resisten. trazione 400 N/mm ² ... 800 N/mm ²
	Allungamento 1,5% ... 2%

Produzione. Aggiungendo del magnesio nel crogiolo di ghisa in fusione durante il suo raffreddamento, la grafite si presenta sotto forma di sfere.

Proprietà. Le sfere di grafite, al contrario delle lamelle, non originano un effetto cricca, in questo modo la resistenza alla trazione, alla flessione e all'allungamento è superiore. Fusioni in grafite sferica presentano un'alta resistenza all'usura e possono essere trattate termicamente, per esempio indurite o bonificate. È una ghisa facilmente lavorabile e può essere indurita superficialmente.

Applicazioni. La ghisa a grafite sferoidale è impiegata per la fabbricazione di alberi motore, alberi a camme, elementi dello sterzo, tamburi e dischi freno, pinze freno.

Ghisa a grafite vermicolare (EN-GJV)

La sua struttura è composta sia da inserimenti di grafite in forma di vermi (barrette) sia di inserimenti a forma sferica. Per questo motivo, la resistenza alla trazione e l'allungamento di rottura sono superiori a quelli della ghisa grigia. La ghisa a grafite vermicolare è utilizzata per la produzione di componenti di autoveicoli a pareti sottili, per esempio collettori di scarico, dischi freno, scatole cambio, chiocciole turbina, blocchi motore.

Ghisa temprata (ghisa malleabile)

La ghisa temprata ottenuta con trattamento termico di rinvenimento o tempra è una ghisa tenace.

Produzione. Dopo la fusione, i pezzi sono tenuti per un certo tempo in stato incandescente. A seconda

del tipo di trattamento, si differenziano ghise temprate decarburate o non decarburate.

Ghisa temprata decarburata	
	Indicazione breve EN-GJMW
	Densità 7,4 kg/dm ³
	Punto di fusione 1.300 °C
	Resisten. trazione 350 N/mm ² ... 650 N/mm ²
	Allungamento 1,5% ... 3%
Ghisa temprata non decarburata	
	Indicazione breve EN-GJMB
	Densità 7,4 kg/dm ³
	Punto di fusione 1.300 °C
	Resisten. trazione 250 N/mm ² ... 700 N/mm ²
	Allungamento 1% ... 2%

Ghisa temprata decarburata EN-GJMW (ghisa malleabile bianca). I pezzi di fusione sono tenuti in stato incandescente a circa 1000 °C in ambiente ossidante per diversi giorni; il tempo varia a seconda della percentuale di carbonio che si vuole sottrarre. La decarburazione avviene solo nello strato superficiale (fino a circa 5 mm di profondità). Questo procedimento si può applicare solo a pezzi colati con pareti sottili.

Ghisa temprata non decarburata EN-GJMB (ghisa malleabile nera). I pezzi di fusione vengono rinvenuti in ambiente neutro e in assenza d'aria per parecchi giorni. In questo modo il carburo di ferro si trasforma in ferrite e grafite a flocculi, i quali si fissano nella struttura. La modifica della struttura avviene in tutto il corpo del pezzo e non solo negli strati superficiali.

Proprietà. Elementi di fusione in ghisa temprata hanno caratteristiche simili a quelle dell'acciaio. Hanno una buona lavorabilità per asportazione di truciolo e sono adatti alla brasatura morbida e dura, alla bonifica, all'indurimento superficiale e alla saldatura.

Applicazioni. Nelle costruzioni di veicoli a motore, per esempio, bielle, piantoni sterzo, forcelle cambio, giunzioni telaio per motocicli e biciclette.

Acciaio colato

L'acciaio colato è fuso in stampi per la fabbricazione di pezzi che richiedono delle resistenze elevate.

Acciaio colato	
	Indicazione breve GS
	Densità 7,85 kg/dm ³
	Punto di fusione 1.300 °C ... 1.400 °C
	Resisten. trazione 400 N/mm ² ... 800 N/mm ²
	Allungamento 2,5% ... 8%

Produzione. Dopo la colata, i pezzi di fusione vengono rinvenuti per eliminare le tensioni interne. La temperatura di rinvenimento varia da 800 a 900 °C a seconda del tenore di carbonio contenuto.

Proprietà. L'acciaio fuso possiede le medesime caratteristiche dell'acciaio, come resistenza e tenacità, associate alla fondibilità, di modo che si possono realizzare anche elementi con forme complesse.

Applicazioni. Per esempio, per tamburi freno, dischi freno, pinze freno, corpi (scatole) ponti posteriori, mozzini ruota, ganci accoppiamento per automezzi pesanti, turbine, leve.

8.4.3 Influenza degli elementi di lega sui metalli ferrosi

Tabella 1: Influenza delle leghe metalliche e non metalliche sui metalli ferrosi			
Elemento	Aumenta	Diminuisce	Esempio
Non metalli (elementi di lega di ferro)			
Carbonio C	resistenza, durezza, temperabilità, proprietà di fusibilità nel caso di acciaio colato	punto di fusione, tenacità, allungamento, saldabilità e forgiabilità	C45
Silicio Si	resistenza alla trazione, elasticità, resistenza alla corrosione	saldabilità, forgiabilità e lavorabilità	60SiCr7
Fosforo P	resistenza al calore, fragilità a freddo, fluidità in caso di ghisa grigia	allungamento, tenacità, saldabilità	
Zolfo S	lavorabilità, fragilità a caldo	tenacità, saldabilità, resistenza alla corrosione	15S10
Metalli (elementi di lega)			
Cromo Cr	resistenza alla trazione, al calore e alla corrosione	tenacità, saldabilità, allungamento	X5Cr17
Manganese Mn	resistenza alla trazione, al calore e alla corrosione	resistenza all'usura, saldabilità, lavorabilità	28Mn6
Molibdeno Mo	resistenza alla trazione e al calore, capacità di taglio, tenacità	saldabilità	20MoCr4
Nichel Ni	resistenza alla trazione, al calore e alla corrosione	dilatazione termica, saldabilità, lavorabilità	36NiCr 6
Vanadio V	resistenza alla fatica e al calore, durezza	saldabilità	115CrV3
Tungsteno W	resistenza alla trazione, durezza, resistenza al calore, capacità di taglio	resistenza all'usura e alla corrosione	105WCr6

8.4.4 Denominazione dei metalli ferrosi

La chiara determinazione di un metallo ferroso può avvenire mediante:

- denominazioni brevi (a simboli), per esempio S235JR;
- numero di materiale, per esempio 1.0037.

Denominazioni brevi. Indicano, sotto forma di lettere e numeri, la produzione, le caratteristiche e il tipo di trattamento del materiale.

Numeri di materiale. Facilitano la registrazione mediante l'elaborazione dei dati in forma elettronica (EED), per esempio S235JR (denominazione breve) - 1.0037 (numero di materiale).

Indicazione dei materiali ferrosi da fusione (materiali ferrosi fusi). Le denominazioni brevi per ghisa, ghisa temprata e acciaio fuso possono ancora essere fatte con l'attuale sistema di indicazione secondo le norme DIN e UNI EN.

Indicazione della produzione (tab. 2). Queste denominazioni brevi sono costituite dalla lettera G e altre lettere che indicano il procedimento di fusione.

Tabella 2: Simboli alfanumerici per materiali ferrosi fusi		
Secondo DIN	Secondo UNI-EN	Denominazione
G		ghisa
GG	EN-GJL	ghisa a grafite lamellare (ghisa grigia)
GGG	EN-GJS	ghisa a grafite sferoidale
GS	GS	acciaio da fusione
GTS	EN-GJMB	ghisa temprata rinvenuta in modo non decarburato
GTW	EN-GJMW	ghisa temprata rinvenuta in modo decarburato

Indicazione della resistenza. Avviene mediante un indice numerico che, moltiplicato per 10 (per l'esattezza 9,81) indica la resistenza alla trazione minima in N/mm², per esempio con GG-25 viene indicata una ghisa lamellare con 250 N/mm² di resistenza minima alla trazione. Per la ghisa malleabile, si aggiunge dopo il trattino una cifra che indica l'allungamento di rottura in percentuale (GTS-65-02, fig. 1, pag. 176).

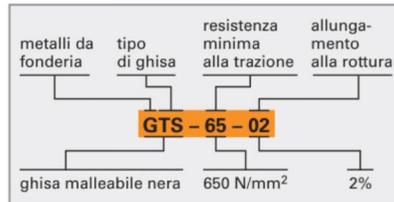


Figura 1: Denominazione di ghisa malleabile

Normalizzazione degli acciai secondo EN

La designazione simbolica degli acciai colati si suddivide in due gruppi principali. La designazione simbolica si compone di simboli principali e di simboli aggiuntivi.

Gruppo principale 1: designazione simbolica che indica le proprietà e l'impiego degli acciai.

La designazione simbolica inizia con una lettera che indica l'impiego, le proprietà meccaniche e fisiche degli acciai. Per la tecnica dell'automobile sono presi in considerazione principalmente gli acciai per costruzioni meccaniche (lettera E) e gli acciai da costruzione (S).

Simboli principali

Essi sono designati da lettere che indicano l'impiego dell'acciaio. Per gli acciai colati, la lettera G precede il simbolo. Il numero seguente, composto di tre cifre, indica il limite minimo di snervamento R_e in N/mm², per esempio E350.

Tabella 1: Simboli aggiuntivi per i prodotti in acciaio (selezione)

Per le esigenze speciali	
+ C	incrudito
+ F	acciaio a grani fini
+ H	con temprabilità speciale
Per la forma di rivestimento	
+ AZ	rivestito mediante lega Al-Zn
+ S	galvanizzato a caldo
+ Z	zincato a caldo
+ ZE	zincato mediante elettrolisi
Per il tipo di trattamento (*)	
+ A	ricottura dolce
+ C	incrudito
+ N	ricottura in normalizzazione
+ Q	temprato
+ QT	migliorato
+ U	non trattato

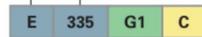
(*) Onde evitare confusioni con altri simboli, una S può precedere i simboli per la forma di rivestimento (per esempio + SA) e una T per i simboli del tipo di trattamento (per esempio, + TA)

Simboli aggiuntivi

I simboli aggiuntivi per gli acciai sono delle lettere o delle lettere con cifre. Si suddividono in due gruppi, il gruppo 1 indica i simboli aggiuntivi per acciai, il gruppo 2 indica i simboli aggiuntivi per prodotti d'acciaio. I simboli del gruppo 2 sono aggiunti al simbolo del gruppo 1 con un segno più (+) (tab. 1).

Esempi di acciai del gruppo principale 1
1. Acciai per costruzioni meccaniche

Simboli principali	
Indice alfabetico: E acciai per costruzioni meccaniche	
Cifra: limite minimo di snervamento R_e in N/mm ² per la sezione minima del progetto per esempio $R_e = 335$ N/mm ²	



Simboli aggiuntivi	
Gruppo 1	Gruppo 2
G altre caratteristiche ev. con 1 o 2 cifre per esempio G1 fusione discontinua	C con particolare trasformazione a freddo

2. Acciai per impieghi strutturali

Simboli principali	
Indice alfabetico: S acciai da costruzione	
Cifra: limite minimo di snervamento R_e in N/mm ² per la sezione minima del progetto per esempio $R_e = 235$ N/mm ²	



Simboli aggiuntivi	
Gruppo 1	Gruppo 2
resistenza alla resilienza in Joule	T di prova °C
27J 40J 60J	
JR KR LR +20	
J0 K0 L0 0	
J2 L2 L2 -20	
G altre caratteristiche ev. con 1 o 2 cifre, per esempio, G1 fusione discontinua	C con particolare trasformabilità a freddo
Q bonificato	E per forgiatura
N normalizzato	N normalizzato
	Q bonificato
	W resistente agli agenti atmosferici
	D per trattamenti superficiali ad immersione a caldo in bagni fusi

Gruppo principale 2: denominazione breve con riferimenti relativi alla composizione chimica (tab. 1, pag. 177).

Simboli principali

Sono costituiti da indici alfabetici e numerici. Gli indici alfabetici sono i simboli relativi alle componenti leganti; gli indici numerici danno le informazioni sul contenuto percentuale delle componenti leganti.

I simboli aggiuntivi per gli acciai del gruppo 1 sono utilizzati unicamente per acciai del gruppo 2 che possiedono un tenore di Mn < 1%. Questi simboli sono composti da lettere e da lettere con cifre. I simboli aggiuntivi per i prodotti in acciaio (tab. 1, pag. 176) sono completati con il segno + (più).

Tabella 1: Gruppo principale 2, fattori di moltiplicazione	
Elemento	Fattore
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
Ce, N, P, S	100
B	1000

Esempi per acciai del gruppo principale 2

Acciai non legati con tenore medio di Mn < 1%

Simboli principali		Simboli aggiuntivi	
Lettera	Indice numer.	Gruppo 1 (scelta)	
C per carbonio	tenore in C in $\frac{1}{100}$ % per es. 0,35% C	E	tenore massimo di zolfo
		R	intervallo del contenuto di zolfo

Acciai non legati con tenore di Mn ≥ 1%, acciai automatici, acciai debolmente legati quando il tenore delle singole componenti leganti è < 5%.

Simboli principali		Indici numerici con trattino d'unione	
Indice num.	Lettera		
tenore in C in $\frac{1}{100}$ % per es. 10% C	Simboli per elementi di lega, per es. Cr e Mo	L'	indice numerico diviso il fattore (tab. 1) indica la percentuale legante, per es. Cr: 9/4 = 2,25% Mo: 10/10 = 1%

Acciai fortemente legati quando il tenore di una componente di un elemento legante è ≥ 5% (tranne acciai rapidi)

Simboli principali			
Lettera	Indice num.	Lettera	Indice num.
X	tenore in C in $\frac{1}{100}$ % per es. 0,05% C	Simboli degli elementi leganti per es. Cr e Ni	Tenore degli elementi di lega per es. Cr: 18% Ni: 10%

Acciai per utensili a lavorazione veloce

Simboli principali	
Lettera	Indici numerici
HS	Contenuto degli elementi leganti in percentuale di successione W, Mo, V, Co per esempio 10% W, 4% Mo, 3% V, 10% Co

8.4.5 Classificazione e impiego dell'acciaio

Secondo la loro composizione, gli acciai sono suddivisi in acciai non legati e acciai legati e, in base al loro impiego, in acciai da costruzione e acciai per utensili (fig. 1, pag. 178).

Gli acciai legati sono suddivisi in acciai debolmente legati e in acciai fortemente legati. Secondo le loro caratteristiche e le loro proprietà d'impiego, si possono anche classificare in acciai commerciali (ordinari), acciai di qualità ed acciai fini.

Acciai da costruzione

Gli acciai da costruzione vengono utilizzati per la costruzione di macchine, veicoli, apparecchi per le costruzioni metalliche.

Acciai da costruzione non legati, S235JR (Ac37-2), E335 (Ac 60)

Il loro impiego dipende dal limite minimo di snervamento e dalla saldabilità. Il loro tenore di carbonio si situa tra 0,17 e 0,5%. Questi sono degli acciai commerciali e fini. Possono essere facilmente lavorati mediante asportazione di trucioli e sono saldabili. Gli acciai fini possono essere saldati con tutti i processi.

Utilizzo. Per esempio per costruzioni metalliche, per pezzi di macchine, lamiere, dadi e rivetti.

Acciai da cementazione, C15, 16MnCr5

Sono utilizzati per la costruzione di pezzi che devono essere cementati. Dopo una tempra, lo strato superficiale diventa resistente all'usura e possiede una gran durezza. Il cuore deve restare tenero e tenace. Gli acciai da cementazione possono essere degli acciai fini, legati o non legati.

Utilizzo: per esempio, spinotto del pistone, alberi motore, pignoni.

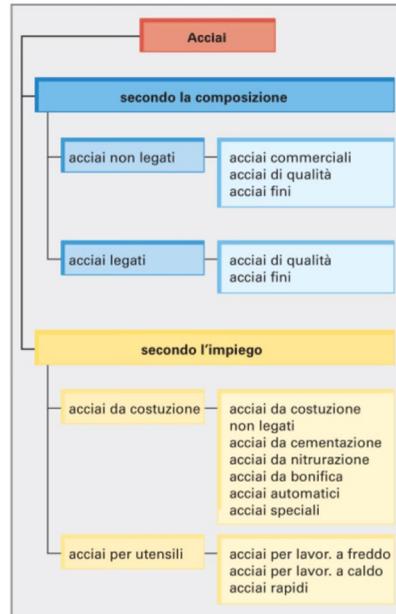


Figura 1: Classificazione degli acciai

Acciai da nitrurazione, 31CrMoV9

Sono degli acciai legati con Cr, Al, Mo o Ni. Il loro strato superficiale è indurito mediante l'azoto.

Utilizzo: per i pezzi che non devono deformarsi durante la nitrurazione e la tempra e non vengono sottoposti a successiva lavorazione. Per esempio lo spinotto del pistone, alberi a motore, pignoni, alberi e strumenti di misura.

Acciai da bonifica, C45E, 30CrNiMo8

Sono degli acciai non legati o legati con Cr, Mn e Mo, raramente legati con V e Ni. Acquisiscono, mediante una tempra seguita da un rinvenimento, un'alta resistenza e tenacità fino al nucleo. Mediante nitrurazione al bagno di sale, il loro strato superficiale diventa resistente all'usura.

Gli acciai da bonifica sono degli acciai di qualità o acciai fini.

Utilizzo: per i pezzi sottoposti a forti carichi come gli alberi motore, le bielle, gli alberi di trasmissione, i fuselli e tiranti sterzo.

Acciai speciali

Gli acciai speciali (tab. 1) possiedono delle proprietà legate al loro impiego come acciai inossidabili, acciai refrattari, acciai per valvole e acciai per molle. Gli acciai speciali sono principalmente degli acciai fini.

Designazione	Impiego
Acciai inossidabili	
X2CrTi12 X2CrNi18-9	marmitta di scarico marmitte
Acciai refrattari	
16CrMo4 X40CrNiCo 13-10	tubi di scappamento componenti di turbina
Acciai per valvole	
X45CrSi9-3 X55CrNiMo20-8	valvola di immissione valvola di scarico
Acciai per molle	
60SiCr7 X12CrNi17-7	molle molle per valvole

Acciai inossidabili. Gli acciai inossidabili resistono agli acidi. In generale, possono essere imbutiti e sono saldabili. Sono utilizzati per esempio per le marmitte di scarico e le calotte delle ruote.

Acciai refrattari. Non perdono la loro resistenza nemmeno a temperature molto elevate, grazie all'aggiunta di Cr, Mo, Ni, V o Si. Sono resistenti alla calamina fino a 1100 °C. Sono utilizzati per esempio per i tubi di scarico e le palette direttrici delle turbine.

Acciai per valvole. Sono fabbricate con un acciaio che deve avere una buona conduttività termica oltre ad essere resistente alla combustione, alla calamina, all'usura ed alla corrosione. Essi ottengono queste proprietà mediante l'aggiunta di Cr, Si, Ni e V.

Acciai per molle. Devono avere un'elasticità elevata e una gran resistenza alla fatica. Contengono generalmente un forte tenore di Si. Gli acciai per molle vengono trattati e temprati.

Acciai per utensili

Sono degli acciai con una durezza e una resistenza elevata. Essi permettono di fabbricare utensili da taglio e da formatura.

Gli acciai per utensili sono sempre acciai fini. Un trattamento termico conferisce loro la durezza d'utilizzo. Possono essere classificati in:

- acciai per lavorazioni a freddo, acciai per lavorazioni a caldo, acciai rapidi;
- acciai per utensili legati e non legati.

8.4.6 Commercializzazione dell'acciaio

I formati commerciali dell'acciaio sono i semilavorati e assumono le seguenti forme standardizzate:

- profilati;
- barre;
- fili d'acciaio;
- lamiere fini;
- tubi;
- minuterie;
- lamiere d'acciaio.

Profilati d'acciaio (fig.1) come angolari, a U, T, doppia T, Z sono per lo più in S235J0. Sono prodotti laminati e trafilati lunghi da 3 a 15 m.

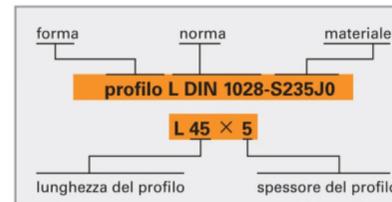


Figura 1: Designazione

Acciai in barre tonde, piatte, larghe, a sezione quadrata o esagonale. Possono essere stirati a freddo, stampati, lucidati o laminati a caldo. Tutti i tipi d'acciaio da costruzione possono essere presi in considerazione: per le barre e le forme esagonali stirate a freddo, si utilizza principalmente 35S20+C, mentre per quelle piatte e a sezione quadrata S235JRG1.

I **fili d'acciaio** sono laminati, stirati e forniti sotto forma d'anello o su bobine.

Le **lamiere fini** sono destinate ai lavori di trasformazione come l'imbutitura e da ulteriori trattamenti superficiali come la verniciatura e la galvanizzazione. Diversi gruppi di qualità, di forme, di superfici e di finiture sono normalizzati (tab. 2).

I **tubi** sono saldati da un capo all'altro o vengono trafilati senza saldatura.

Le **minuterie metalliche** comprendono viti, dadi, rivetti, spine, molle, rondelle, dispositivi di sicurezza, copiglie, chiodi.

Le **lamiere d'acciaio** vengono suddivise secondo i loro spessori in lamiere ultrasottili e lamiere staginate così come lamiere sottili, medie e grezze (tab. 1).

Tabella 1: Classificazione delle lamiere

Tipo di lamiera	Spessore in mm
Lamiera superfine	inferiore 0,5
Lamiera fine	da 0,5 a 3
Lamiera media	da 3 a 4,75
Lamiera grezza	oltre 4,75

Lamiere d'acciaio per costruzione di carrozzerie

Le seguenti esigenze sono significative per l'impiego di lamiere d'acciaio per costruzione di carrozzerie: peso ridotto, alta resistenza, buona stampabilità in profondità, buona saldabilità, possibilità di aumentare la resistenza del materiale dopo la lavorazione, per esempio mediante effetto Bake-Hardening.

Tipi di acciai per costruzione di carrozzerie

La tab. 2 illustra i principali tipi di acciai per lamiera di carrozzeria e la loro resistenza di snervamento minima.

Tabella 2: Tipi di acciai per lamiera da carrozzeria

Tipi di acciai	Resistenza di snervamento minima in MPa (N/mm ²)															
		120	140	180	220	260	300	340	380	420	480	680	900			
Acciaio da profondo stampaggio	DC/DX	X	X													
Interstitial Free	Y			X	X	X										
Isotropico	I				X	X	X									
Bake-Hardening	B			X	X	X	X									
Microlegato	LA				X	X	X	X	X	X						
Duale phase	X			X	X	X	X	X	X	X	X					
TRIP	T										X	X				
Multifase	CP														X	
A fase martensitica	MS															X
Al Manganese-Boro	MnB															X
Legati al fosforo	P			X	X	X										

Acciai da profondo stampaggio per lavorazione a freddo (DC, DX). Per esempio DC01...07, DX53D+Z. Vengono impiegati per lamiere e nastri laminati a freddo. Il derivante indurimento viene eliminato successivamente mediante trattamento termico di ricristallizzazione ad incandescenza. La struttura della lamiera si trasforma in grani fini e diventa così dolce e facilmente lavorabile. Le superfici degli acciai di tipo DX possono venire affinate con diversi trattamenti, per esempio con zinco puro o leghe zinco-ferro. Applicazione nel settore automobilistico: lamierati esterni della parte posteriore.

Acciai microlegati (lettera indice LA). Per esempio HC380LA, HC420LA. La struttura a grani fini si ottiene legandoli con niobio (Nb) e titanio (Ti), in tal modo vengono migliorate le proprietà di lavorazione e resistenza.

Applicazione nel settore automobilistico: elementi di elevata sicurezza (resistenza), come montanti A e B.

Acciai legati al fosforo (lettera indice P). Per esempio HC260P, HC330P. Sono acciai legati con piccole quantità di fosforo, di buona lavorabilità e con resistenza elevata.

Applicazione nel settore automobilistico: pannelli di carrozzeria di grandi dimensioni, per esempio lamierati esterni.

Acciai Bake-Hardening (lettera indice B). Per esempio HX180B, HX300B. In origine sono teneri e con ottima lavorabilità. Dopo la trasformazione, al pezzo finito viene poi conferito un incrudimento. Un ulteriore aumento della resistenza generale e della rigidità contro le ammaccature è ottenuto mediante termolaccatura. Applicazione nel settore automobilistico: lamierati esterni come cofani, porte, portelloni.

Acciai Interstitial Free (lettera indice Y). Per esempio HC180Y, HC260Y. Si tratta di acciai decarburati rinvenuti in ambiente sottovuoto e di seguito legati con fosforo e manganese. Applicazione nel settore automobilistico: lamiere interne passaggi ruota, pianali, porte, tetti.

Acciai Dual phase (lettera indice X). Per esempio HCT450X, HCT780Y. Sono acciai ad alta resistenza con buone caratteristiche di saldabilità. Grazie al loro favorevole coefficiente di snervamento possiedono una buona lavorabilità a freddo; inoltre, l'effetto Bake-Hardening ne aumenta anche la resistenza. Applicazione nel settore automobilistico: rinforzi, ossature trasversali e longheroni, elementi della sospensione.

Acciai multifase (lettera indice CP). Per esempio HCT780CP. Si tratta di acciai microlegati con elementi come Al, Mo, Mn, P, Si, Ti e V. La struttura in grani fini di questi acciai si forma mediante trattamento termico. Con una lieve lavorazione a freddo ottengono un elevato incrudimento e una conseguente rigidità contro le ammaccature, rendendoli adatti per lamierati di grandi dimensioni. Questi acciai sono molto sensibili al calore per cui la resistenza di questi lamierati viene ridotta considerevolmente a seguito di un riscaldamento eccessivo.

Applicazione nel settore automobilistico: rinforzi di carrozzeria, porte, tetti, cofani motore.

Acciai TRIP = Transformation Induced Plasticity (lettera indice T). Per esempio HCT600T, HCT780T. Sono acciai di ottima lavorabilità. L'effetto Bake-Hardening ne aumenta la resistenza fino a 40 MPa. Applicazione nel settore automobilistico: elementi antiurto di rilevanza che durante la fabbricazione sono fortemente lavorati, come barre laterali antintrusione, rinforzi di carrozzeria e porte.

Acciai martensitici (lettera indice MS). Per esempio HCT1200MS. Sono acciai che possiedono un'elevata resistenza alla trazione e all'abrasione dovuta a una struttura cristallina fine. A causa dell'elevata resistenza, la lavorazione risulta impegnativa. L'effetto Bake-Hardening innalza ancora la resistenza fino a 30 MPa. Applicazione nel settore automobilistico: ossature del pianale, rinforzi di carrozzeria e di porte.

Acciai al boro-manganese (lettera indice MnB). Per esempio MnB1500. Si tratta di acciai ad altissima resistenza. Le piastrelle di acciaio vengono lavorate allo stato incandescente. Mediante un raffreddamento mirato sotto pressa viene determinata la resistenza

voluta. Applicazione nel settore automobilistico: elementi portanti e di rilevanza per la sicurezza come montanti B, pianali, tunnel centrali, cornici tetto.

Lamiere composite

Tailored Blank. Si tratta di elementi che vengono assemblati saldando congiuntamente lamiere di diversi spessori e tipi, come longheroni del pianale nel settore automobilistico e parti di carrozzeria.

Lamiera sandwich. Sono costituite da due lamiere d'acciaio incollate a uno strato di materiale plastico visco-elastico di 25-50 μm di spessore (fig. 1). Questo materiale composito diminuisce la rumorosità grazie a un buon smorzamento delle onde sonore e delle vibrazioni.

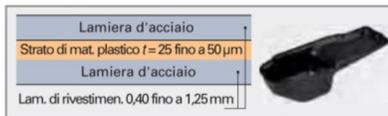


Figura 1: Coppa olio in lamiera sandwich

Applicazione nel settore automobilistico: coppe olio (fig. 1), coperchi valvole e cambio, pareti frontali.

8.4.7 Trattamento termico dei materiali ferrosi

Il trattamento termico dei materiali ferrosi è una modifica delle caratteristiche della materia per migliorarne la durezza, la resistenza e la malleabilità.

Queste caratteristiche dipendono dalla costituzione della struttura, dal tenore di carbonio e dalle componenti di lega. Il **diagramma ferro-carbonio** evidenzia la struttura dell'acciaio in funzione del tenore di C e della temperatura (fig. 1, pag. 181).

L'acciaio con 0,8% di C (acciaio eutettoide) presenta una struttura omogenea, nella quale delle strisce fini di cementite attraversano tutti i grani di ferrite. Questa struttura è denominata perlite a causa del suo aspetto madreperlato.

Per l'acciaio che contiene meno dello 0,8% di C (acciaio ipoeutettoide), il tenore in C non è sufficiente per la formazione di una struttura di perlite pura. La struttura è formata di ferrite e perlite.

Per l'acciaio che contiene più dello 0,8% di C (acciaio ipereutettoide), il tenore in C oltrepassa la quantità necessaria per la formazione di perlite. Oltre alla perlite si forma della cementite.

Struttura dell'acciaio non legato

L'acciaio non legato contiene, oltre a puro ferro (ferrite), anche carbonio fino al 2,06% che si è fissato chimicamente con una parte di ferro ottenendo il carburo di ferro Fe_3C (cementite), che è duro e fragi-

le, mentre il ferro puro è dolce e tenace. Sopra i 723 °C, la struttura dell'acciaio si modifica e la forma cristallina del ferro cambia. La cementite si decompone. I cristalli cubici a corpo centrato della ferrite (ferro α) si modificano in cristalli cubici a facce centrate. Nello spazio cubico vuoto del cristallo a facce centrate, il ferro α può assorbire un atomo di C proveniente dalla cementite in decomposizione. Siccome l'assorbimento dell'atomo di C nel cristallo di ferro α si effettua allo stato solido, si parla di una soluzione solida del carbonio nel ferro. Le soluzioni solide che si formano sono denominate "austenite". I grani di perlite della struttura cambiano in austenite a partire da 723 °C. Se la temperatura aumenta, la ferrite e la cementite, secondo il tenore in C dell'acciaio, si trasformano in austenite fino alla linea G-S-E (fig. 1). Durante un lento raffreddamento, le vecchie strutture dell'acciaio si riformano. Durante una tempra con temperatura superiore alla linea G-S-K, la formazione di perlite viene soppressa. Il cambiamento del reticolo cristallino a facce centrate non ha abbastanza tempo per trasformarsi in reticolo cubico a corpo centrato. Gli atomi di C non possono più formare della cementite con gli atomi di ferro. Gli atomi di C vengono integrati nei cristalli centrati. Il reticolo cristallino che si è formato rende l'acciaio molto duro e fragile. Questa microstruttura si chiama **martensite**.

Ricottura

La ricottura è un trattamento termico durante il quale il pezzo è riscaldato alla temperatura di ricottura, mantenuto a questa temperatura per un tempo determinato per poi essere raffreddato lentamente (fig. 1).

La **ricottura dolce** si esegue secondo il tenore in carbonio, tra 680 e 750 °C, per facilitare la lavorazione dei pezzi con o senza asportazione di trucioli.

La **ricottura di normalizzazione** si esegue secondo il tenore in carbonio, tra 750 e 950 °C, per ottenere una struttura omogenea a grani fini dopo la laminazione o la forgiatura.

La **ricottura di distensione** si esegue tra 550 e 650 °C per eliminare tensioni interne prodotte dalla laminazione, la forgiatura o saldatura.

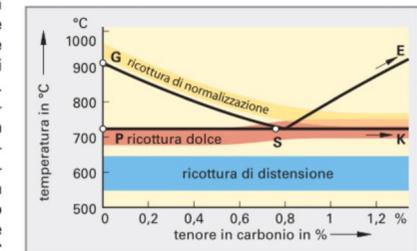


Figura 2: Temperature di ricottura

Tempra degli acciai per utensili

La tempra (fig. 1, pag. 182) è un trattamento termico durante il quale il pezzo viene riscaldato ad una temperatura superiore al punto di austenizzazione e poi raffreddato bruscamente. Dopo la tempra, è necessario eseguire un rinvenimento.

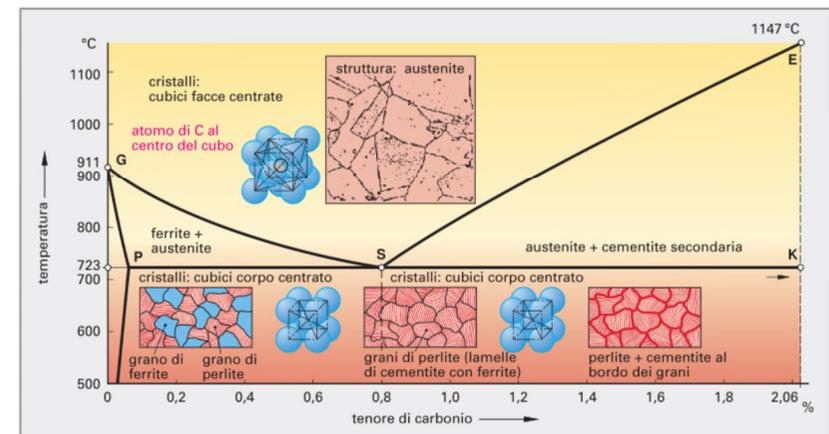


Figura 1: Diagramma ferro-carbonio (parziale)

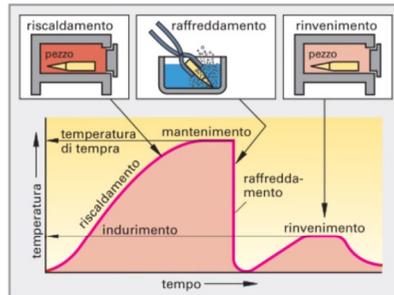


Figura 1: Variazione della temperatura durante la tempra

La tempra ha lo scopo di rendere l'acciaio duro e resistente all'usura. La temperatura di tempra degli acciai per utensili non legati si trova tra 770 e 830 °C. Acciai per utensili debolmente legati e fortemente legati necessitano di temperature più elevate.

Secondo il fluido di tempra utilizzato, si distinguono:

- la tempra ad acqua, soprattutto per gli acciai per utensili non legati;
- la tempra ad olio, soprattutto per gli acciai per utensili debolmente legati;
- la tempra ad aria, per gli acciai per utensili fortemente legati.

Mediante la tempra, gli utensili diventano duri e fragili come il vetro. Un rinvenimento tra 180 e 400 °C migliora la tenacità, ma diminuisce la fragilità e la durezza. L'acciaio acquista così la sua durezza d'impiego.

Tempra superficiale

La tempra superficiale è un trattamento termico durante il quale la zona periferica del pezzo d'acciaio viene riscaldata rapidamente alla temperatura di tempra e poi raffreddata bruscamente.

Si distinguono:

- tempra ad acqua, soprattutto per gli acciai per utensili non legati;
- tempra superficiale in presenza di sufficiente carbonio mediante trasformazione della struttura, per esempio tempra alla fiamma e tempra ad induzione;
- tempra superficiale con apporto di carbonio mediante modifica della struttura, per esempio tempra mediante cementazione;
- tempra superficiale con apporto di azoto mediante legame chimico, per esempio nitrurazione e carbonitrurazione.

Tempra superficiale in presenza di carbonio

I pezzi sono per lo più prodotti in acciaio da bonifica in quanto contengono già il necessario contenuto di carbonio minimo di tempra dello 0,45%. Si distingue fra tempra alla fiamma e ad induzione.

Tempra alla fiamma (fig. 2). La superficie esterna del pezzo viene riscaldata mediante un bruciatore ossiacetilenico alla temperatura di tempra. Appena prima che il calore penetri all'interno del pezzo, esso viene raffreddato con getti d'acqua.

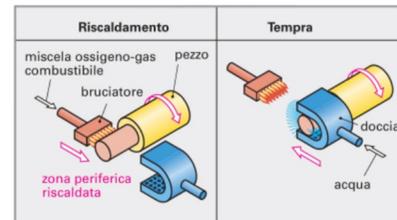


Figura 2: Tempra alla fiamma

Tempra ad induzione (fig. 3). Una bobina ad alta frequenza avvolge il pezzo a una breve distanza.

L'avvolgimento provoca, per induzione, delle forti correnti di Foucault che creano un riscaldamento rapido della zona periferica del pezzo alla temperatura desiderata.

Appena raggiunta la temperatura desiderata, il pezzo viene raffreddato mediante una doccia d'acqua prima che il calore raggiunga l'interno del pezzo.

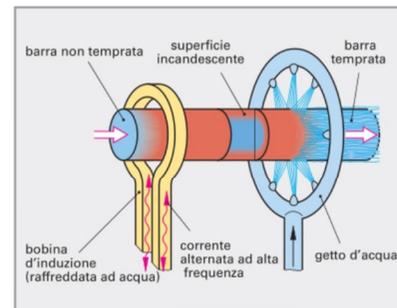


Figura 3: Tempra ad induzione

Tempra superficiale con apporto di carbonio

I pezzi vengono prodotti in acciaio con tenore di carbonio < 0,2%. Al fine di temprare la zona superficiale viene apportato carbonio.

Tempra mediante cementazione

La tempra mediante cementazione è un trattamento termico durante il quale la zona periferica del pezzo d'acciaio a debole tenore di carbonio è arricchita (in carbonio) e poi temprata.

Gli acciai da cementazione contengono fino a circa 0,2% di C. Per rendere la zona periferica temprabile, il pezzo è ricotto in un'atmosfera ricca di carbonio. Questo processo si chiama cementazione (fig. 1). La zona periferica viene arricchita in carbonio.

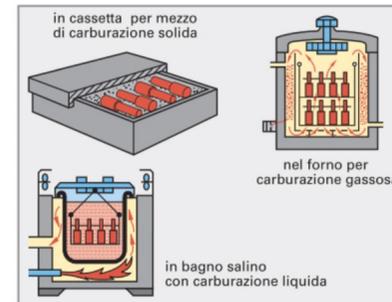


Figura 1: Carburazione nella tempra di cementazione

Dopo la cementazione, i pezzi vengono temprati, la superficie carburata diventa dura, il nucleo rimane dolce e tenace. In seguito viene effettuato il rinvenimento.

Tempra superficiale con apporto di azoto

I pezzi sono prodotti con acciai che vengono legati con Al, Cr, Mo, Ti, o V. Con l'apporto di azoto ad alte temperature, questi elementi leganti formano nitridi di grande durezza e stabilità, per esempio AlN, CrN.

Nitrurazione

La nitrurazione è un trattamento termico mediante il quale la superficie esterna del pezzo viene arricchita con azoto.

Nitrurazione in bagno di sale. Alle superfici esterne dei pezzi viene apportato azoto mediante bagni di sale.

Nitrurazione gassosa. Alle superfici esterne dei pezzi viene apportato azoto in un forno a gas mediante vapori di ammoniacale. Acciai da nitrurazione ottengono, per mezzo della nitrurazione, una sottile superficie esterna di grande durezza e resistenza alle abrasioni. La durezza è originata direttamente dal processo di nitrurazione attraverso la formazione di particelle particolarmente dure di nitruro durante il processo di rinvenimento fino a circa 550 °C. Dal

momento che non si procede a raffreddare né a rinvenire, i pezzi non subiscono ritiri né formazione di depositi di calamina alla superficie, cosicché possono venire lavorati prima della nitrurazione.

Carbonitrurazione. È una combinazione di tempra per cementazione e nitrurazione. In un forno a gas vengono apportati nel medesimo tempo carbonio e azoto. A seguire si procede alla tempra mediante rinvenimento e susseguente raffreddamento. Componenti sottoposti a carbonitrurazione sono per esempio alberi a camme, bilancieri comando valvole.

Bonifica

La bonifica è un trattamento termico durante il quale il pezzo viene riscaldato dopo una tempra preliminare. Il pezzo acquista un'alta resistenza alla trazione possedendo, però, delle buone capacità d'allungamento e di tenacità. La sua fragilità è ridotta (fig. 2).

La tempra conferisce al pezzo una buona resistenza e una gran durezza, diminuisce però l'allungamento e la tenacità. Una bonifica con temperature comprese tra i 500 e i 670 °C riduce notevolmente la durezza dell'acciaio, ne diminuisce leggermente la resistenza e ne aumenta la tenacità e l'allungamento.

Con un rinvenimento al limite inferiore di temperatura, la resistenza è maggiore rispetto a quella ottenuta con una temperatura di rinvenimento al limite superiore. Tenacità e allungamento sono per contro maggiori con un rinvenimento alla temperatura superiore.

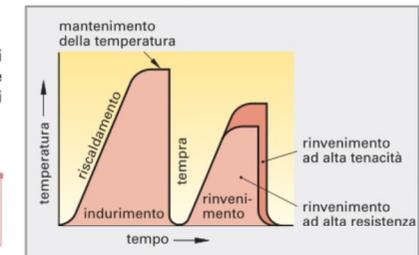


Figura 2: Variazione della temperatura durante la bonifica

DOMANDE DI RIPASSO

- 1 Cosa significa indurire un acciaio?
- 2 Perché si riscaldano gli acciai dopo la tempra?
- 3 Cosa significa tempra mediante cementazione?
- 4 Perché si impiega un acciaio da bonifica per i pezzi destinati alla tempra superficiale?
- 5 Perché durante un rinvenimento si riscaldano i pezzi ad alte temperature?

8.5 Metalli non ferrosi

I metalli non ferrosi sono tutti i metalli o le leghe che non contengono ferro.

Si distinguono in metalli non ferrosi pesanti e leggeri in funzione della loro massa volumica (fig. 1).

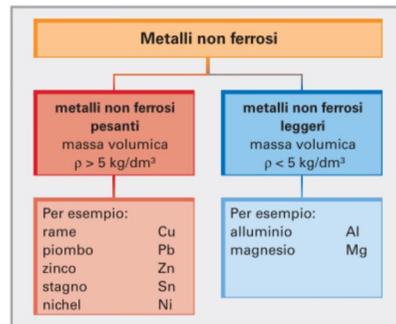


Figura 1: Classificazione dei metalli non ferrosi

La maggior parte dei metalli, come rame, piombo e alluminio, sono molto dolci e possiedono una resistenza limitata. Per mezzo di un procedimento di lega si ottiene un miglioramento delle caratteristiche del metallo puro.

Per lega si intende la miscela di due o più metalli allo stato liquido.

Le leghe si differenziano in leghe da fonderia e leghe da forgia.

Leghe da fonderia. Si tratta di leghe che si lasciano fondere facilmente, possiedono una resistenza e una tenacità superiori alla ghisa. Applicazione: per esempio, blocchi motore, testate motore.

Leghe da forgia. Attraverso specifici elementi leganti, lavorazioni e trattamenti successivi, per esempio mediante forgiatura, è possibile variarne le caratteristiche e impiegarle in diversi settori. Vengono utilizzate per elementi della sospensione, cerchi della ruota.

8.5.1 Denominazione dei metalli non ferrosi

Denominazione dei metalli puri. Dopo il simbolo chimico del metallo, viene indicato il grado di purezza in percentuale, per esempio Al 99.99.

Denominazione delle leghe. Per le leghe vengono indicati i simboli chimici dei metalli componenti. All'inizio quello maggiormente presente senza però indicarne il tenore; questo viene determinato come differenza della somma degli altri componenti. Dopo

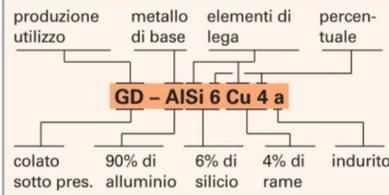
il metallo principale seguono i simboli degli altri componenti di lega con l'indicazione delle loro percentuali. Esse sono ordinate con percentuale decrescente; per contenuti di piccola grandezza, l'indice non viene indicato.

Leghe da fonderia sono contrassegnate con un indice alfabetico indicante la designazione d'uso (tab. 1). Queste lettere separate da un trattino, si trovano davanti all'indicazione della lega. Possono seguire delle abbreviazioni che indicano proprietà speciali (tab. 1), lo stato del trattamento, la resistenza alla trazione in 1/10 N/mm² mediante una cifra preceduta dalla lettera F.

Tabella 1: Designazione delle leghe di metalli non ferrosi

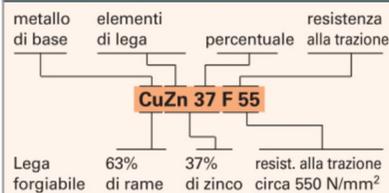
Lettera di riconoscimento per produzione e impiego			
G-	Ghisa (generale)	GI-	metallo antifrizione leggero
GD-	fusione	L-	brasatura
GK-	fusione in conchiglia	Lg-	metallo antifrizione pesante
GZ-	fusione centrifuga	V-	bonificato
Abbreviazione per caratteristiche particolari, stato di trattamento, resistenza alla trazione			
a	indurito	g	ricotto
ka	indurito a freddo	zh	trafilato
F+ cifra di identificazione per la resistenza alla trazione in 1/10 N/mm ²			

Esempio di una lega colata sotto pressione



Le **leghe da forgia** non possiedono indici alfabetici indicanti l'origine e l'impiego ad eccezione delle leghe di alluminio malleabili.

Simboli per le leghe da forgia



8.5.2 Metalli pesanti

I metalli non ferrosi pesanti possono essere classificati come mostrato nella tab. 1.

Tabella 1: Classificazione dei metalli pesanti non ferrosi			
Metallo	Simbolo chimico	Metallo	Simbolo chimico
Metalli usuali e loro leghe			
Rame	Cu	Zinco	Zn
Piombo	Pb	Stagno	Sn
Nichel	Ni		
Metalli di lega			
Molibdeno	Mo	Tantalio	Ta
Tungsteno	W	Cromo	Cr
Cobalto	Co	Manganese	Mn
Vanadio	V	Bismuto	Bi
Antimonio	Sb		
Metalli preziosi			
Argento	Ag	Oro	Au
Platino	Pt		

Rame (Cu)

Proprietà. Le caratteristiche principali del rame sono le seguenti:

- tenero, tenace, duttile;
- colorazione rosso-bruna;
- densità 8,93 kg/dm³;
- buona conducibilità elettrica e termica;
- resistenza alla corrosione e al fuoco;
- ottima lavorabilità a freddo e a caldo;
- buona brasabilità dolce o dura;
- saldabilità;
- cattiva fondibilità;
- ottima lavorabilità di taglio per asportazione di truciolo con ampi angoli di spoglia.

Applicazione. Cavi elettrici, tubi benzina, acqua e olio, scambiatori di calore, guarnizioni e leghe (tab. 2).

Tabella 2: Leghe di rame

Indicazione breve	Applicazioni
Leghe di rame fuse	
GZ-CuSn 7 ZnPb	boccole di bielle
G-CuPb 10Sn	bronzine multistrato
G-CuAl 10Fe	anelli di sincronizzazione, pignoni
GD-CuZn 38Pb	pezzi colati in stampi a conchiglia
G-CuZn 33Pb	pezzi colati in stampi in sabbia
Leghe di rame malleabili	
CuZn 39 Pb	getti del carburatore
CuZn 37	tubi del radiatore, serbatoi d'acqua
CuZn 31 Si	guide delle valvole
CuNi 44	costantina, resistenze elettriche

8.5.3 Metalli leggeri

Nel settore delle costruzioni automobilistiche vengono utilizzati principalmente i seguenti metalli leggeri: alluminio (Al), magnesio (Mg) e titanio (Ti). Altri materiali leggeri come berillio e metalli alcalini come litio, sodio e calcio trovano applicazione in alcuni casi come apporti di lega.

Alluminio (Al)

Proprietà. Le caratteristiche essenziali dell'alluminio sono le seguenti:

- colore bianco argenteo;
- densità 2,7 kg/dm³;
- resistenza alla corrosione grazie alla formazione di ossido superficiale;
- dolce, modesta resistenza alla trazione;
- durezza e resistenza alla trazione possono essere aumentate mediante lega;
- buona conducibilità elettrica;
- buona conducibilità termica;
- buona trasformabilità e buon componente di lega;
- buona lavorabilità al taglio per asportazione di truciolo con ampi angoli di spoglia.

Leghe di alluminio

Sono suddivise in leghe da fonderia e da forgia. Vi sono leghe adatte e inadatte alla tempra. Leghe temprabili non devono venire riscaldate. Le caratteristiche delle leghe di alluminio vengono molto influenzate dall'apporto di Mg, Si, Mn e Cu.

Una lega di Al contenente Cu accanto ad Al, Si, Mn è temprabile e la sua resistenza aumenta considerevolmente (tab. 3).

Tabella 3: Influenza degli elementi leganti sulle proprietà delle leghe di alluminio

Caratteristiche	Mg	Si	Mn	Cu
Resistenza	+	+	+	+
Resistenza alla corrosione	+	+	+	-
Temprabilità	+	+	+	+
Non adatto a tempra	+	+	+	-

Tabella 4: Leghe di alluminio

Indicazione breve	Applicazioni
Leghe di alluminio da fonderia	
G-AlSi 12	coppe olio, scatole cambi
G-AlSi 10 Mg	blocchi manovellismo motore, teste cilindri
GK-AlSi12 CuNi	pistoncini fusi
Leghe di alluminio da forgia	
AlCuMg2	barre d'accopp., pulegge, alberi a camme
AlMgSi1	cerchi ruote, ruote, profili
AlMg2	lamierati di carrozzeria
AISI 17 CuNi	pistoncini stampati

Applicazione. Alluminio puro per fogli, riflettori, liste di abbellimento, cavi elettrici (E-Al 99,7), apporto di lega, leghe (tab. 4, pag. 185).

INDICAZIONI PER LE OFFICINE

- Evitare il contatto con pezzi di altre materie metalliche, per mezzo di strati di colla, di trattamenti superficiali di uno degli elementi.
- Evitare il contatto tra componenti d'alluminio con trucioli di ferro.
- Osservare le istruzioni di fabbricazione riguardo l'utilizzo di elementi di fissaggio in lega di Al, come viti e dadi.

Magnesio (Mg)

Proprietà. Le caratteristiche essenziali del magnesio sono le seguenti:

- color bianco argenteo lucido;
- bassa densità 1,74 kg/dm³;
- non resistente alla corrosione in quanto sulla superficie non si forma uno spesso strato di ossido dolce;
- tenero, bassa resistenza alla trazione;
- durezza e resistenza alla trazione possono essere aumentate mediante elementi leganti.

Leghe di magnesio

Nell'ambito della tecnica dell'automobile vengono impiegate esclusivamente leghe di magnesio. Al magnesio puro vengono aggiunti elementi leganti, di cui i principali sono alluminio, manganese e zinco. Si suddividono in leghe da fonderia e da forgia.

Proprietà delle leghe di magnesio

La resistenza e la tenacità delle leghe di Mg sono migliorate per mezzo di trasformazione senza lavorazione di taglio per asportazione di truciolo, come laminazione a freddo, estrusione, forgiatura a stampo. I trucioli prodotti dalla lavorazione sono facilmente infiammabili. In caso di accoppiamento tra componenti in lega di magnesio e altri elementi metallici è necessario fare attenzione che non si formi una corrosione di contatto. Si raccomanda pertanto di consultare le prescrizioni d'officina relative alle leghe di Al.



Figura 1: Coperchio valvole in lega fusa di Mg

Esempi di applicazione

Leghe da fonderia

GD-MgAl9Zn1: coperchio valvole (fig. 1), corpo scatola per seghe a catena.

Leghe da forgia

MgAl3Zn1: lamiere, barre, manufatti forgiati.
MgAl8Zn: barre di accoppiamento, cerchi ruota di motociclette.

INDICAZIONI PER LA SICUREZZA

Non si deve mai usare acqua per estinguere un fuoco di magnesio. Esso sottrae ossigeno al vapore acqueo producendo puro idrogeno che è altamente esplosivo. I mezzi di spegnimento sono sabbia, trucioli di ghisa o estintori della classe 3.

Titanio (Ti)

Proprietà. Le caratteristiche essenziali del titanio sono le seguenti:

- color bianco metallico lucido;
- densità 4,5 kg/dm³;
- molto resistente alla corrosione;
- alta resistenza e duttilità;
- aumento di durezza e resistenza a trazione mediante lega.

Proprietà delle leghe di titanio malleabili

Nel campo delle costruzioni automobilistiche vengono utilizzate esclusivamente leghe di titanio malleabili. Con l'apporto di alluminio, vanadio e zinco si aumenta in modo considerevole la resistenza alla trazione e al calore (R_m fino a 1000 N/mm²). Le leghe di titanio sono saldabili, resistenti alla corrosione e sono trasformabili come l'acciaio sia in lavorazioni di taglio per asportazione di truciolo sia senza.



Figura 2: Biella in titanio

Esempi di applicazione

Motorsport: ruote, cerchi ruota, bielle (fig. 2) in TiAl6V4, mozzi ruota (fig. 3); **aeronautica e industria spaziale:** rotor di elicotteri, elementi



Figura 3: Mozzo ruota in titanio per auto da corsa di F1

di compressori e turbine; **medicina:** strumenti chirurgici, protesi; **elettronica:** corpi involucri per telefonia mobile.

8.6 Materie plastiche

Per materie plastiche si intendono le materie prodotte in maniera artificiale (sinteticamente).

Esse vengono ricavate da materie prime come petrolio, gas, carbone, calce, aria e acqua. Le materie plastiche sono materie organiche in quanto sono costituite da unioni di carbonio o silicio. Altri componenti possono essere: ossigeno (O₂), idrogeno (H₂), azoto (N₂), zolfo (S), cloro (Cl).

Le proprietà tipiche di quasi tutte le materie plastiche sono:

- bassa densità, buona lavorabilità e formabilità;
 - colorabile all'origine (inserzione di colore di base);
 - resistenza alla corrosione, resistenza agli acidi e alle soluzioni alcaline;
 - inerte alla conducibilità elettrica, bassa conducibilità di calore;
 - alta dilatazione termica, bassa resistenza al calore.
- Le materie plastiche si suddividono in quattro categorie: termoplastiche, duroplastiche, elastomeri e materiali compositi (fig. 3).

8.6.1 Termoplastiche

Le materie termoplastiche si compongono di lunghe molecole lineari o ramificate non reticolate (non hanno legamenti tra loro) (fig. 1).



Figura 1: Struttura delle materie termoplastiche

Durante un riscaldamento, le molecole entrano in vibrazione, il tessuto si rilassa diventando tenero e fonde. A temperatura ambiente, le termoplastiche sono dure e poco elastiche, ma in occasione di un riscaldamento ritornano molli. Sono plastiche non induribili. A caldo, possono essere lavorate senza asportazione di trucioli mediante colatura, centinatura e saldatura. A temperature molto alte si distruggono. Se si aggiungono dei solventi non volatili (plastificanti), si porta il punto di rammollimento delle termoplastiche alla temperatura ambiente e, in questo modo, sono rese tenaci, centinabili, simili al cuoio o agli elastici.

Esempi di materie termoplastiche

Policloruro di vinile PVC (fig. 2)

Proprietà: trasparente, colorabile all'origine (inserzione di colore di base), incollabile e saldabile; resistente a olio, benzina, soluzioni alcaline; sensibile all'acetone.

PVC duro: duro, tenace, adatto per rivestimenti, liste d'accesso, portatarghe, liste tetto, tubi.

PVC dolce: dolce, flessibile, al tatto simil-gomma o simil-cuoio per mezzo di aggiunta di additivi, adatto per guarnizioni, lastre, tappetini, isolazioni di cavi, pelle, pelle sintetica.

Policarbonati PC (fig. 2)

Proprietà: chiaro come vetro, esente da ritiri, non altera la luce, tenace, alta resistenza, resistente agli acidi deboli e a sostanze alcaline, resistente ai graffi.

Applicazione: coperture di fanaleria, interruttori elettrici.

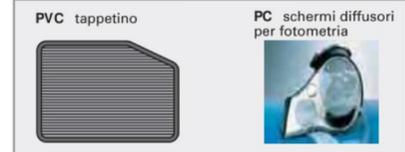


Figura 2: Applicazioni per PVC e PC

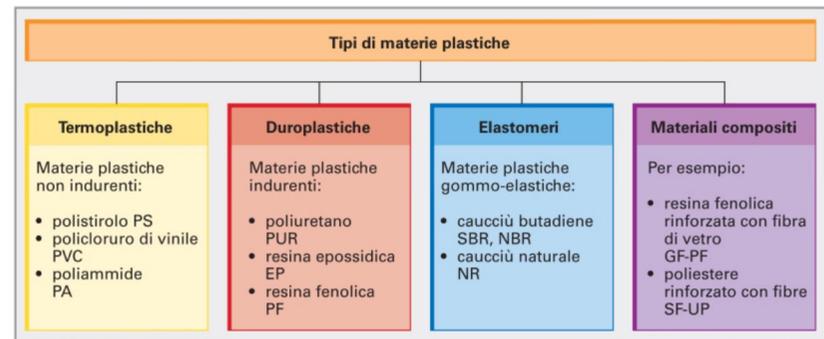


Figura 3: Tipi di materie plastiche

Stirene-butadiene SB (fig. 1)

Proprietà: opaco, resistente agli urti, resistente alla temperatura.

Applicazione: elementi di rivestimenti interni, scatole batteria.

Acrilonitrile-butadiene-stirene ABS (fig. 1)

Proprietà: alta resistenza agli urti, resistente alla temperatura; resistente agli acidi e all'olio ma non al benzolo (benzene).

Applicazione: griglie radiatore, cruscotti portastrumenti, scudi paraurti.



Figura 1: Applicazione per SB e ABS

Poliolefine: polietilene PE, polipropilene PP (fig. 2)

Proprietà: incolore fino a bianco latte, colorabile all'origine (inserzione di colore di base), infrangibile, similcerato al tatto, saldabile, non incollabile; resistente agli acidi, soluzioni alcaline, benzina, benzolo.

Applicazione

PE dolce: cuffie semiassie, contenitori, soffiati a pieghe.

PE duro: serbatoi carburante e liquido lavavetro, case filtro aria.

PE schiuma: cieli tetto.

PP: pedali acceleratore, ventole, calotte copriuota.

Polimetilmetacrilato (vetro acrilico) PMMA (fig. 2)

Proprietà: chiaro come vetro, adatto a lucidatura, duro, elastico, incollabile e saldabile; resistente a benzina olio e acidi.

Applicazione: corpi luminosi luci di coda e lampeggiatori, parti elettriche, occhiali e vetri di protezione, rivestimenti vetri.



Figura 2: Applicazioni per PE, PP, PMMA

Politetrafluoretilene PTFE (fig. 3)

Proprietà: colorazione bianco-latte, similcerato al tatto, liscio e scorrevole, dolce, tenace, resistente all'abrasione, non incollabile, resistente agli agenti chimici, resistente alla temperatura fino a 280 °C.

Applicazione: trattamenti superficiali, guarnizioni, soffiati a pieghe, isolazioni di cablaggi resistenti al calore, cuscinetti esenti da manutenzione, membrane.

Poliammide PA (fig. 3)

Proprietà: colorazione bianco-latte, duro, tenace, liscio e scorrevole, resistente a usura; resistenza a olio, benzina, benzolo, solventi; come aramide (poliammide aromatico) non bruciabile e resistente al calore fino oltre 260 °C.

Applicazione: boccole, cuscinetti a scorrimento, ventole.

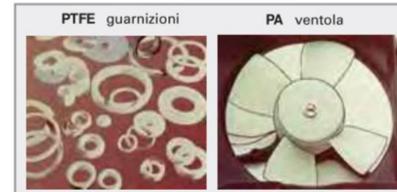


Figura 3: Applicazioni per PTFE e PA

8.6.2 Duroplastiche

Le duroplastiche sono formate da macromolecole lineari reticolate a maglie strette.

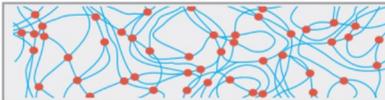


Figura 4: Struttura delle duroplastiche

Queste connessioni sono multiple e così strette che le particelle non possono più entrare in vibrazione quando la materia viene riscaldata. Per questo motivo, una volta indurite, le duroplastiche non possono più essere rammollite. I materiali di base, chiamate resine sintetiche, sono liquidi o fusibili. Essi induriscono tramite compressione e riscaldamento contemporaneo a 170 °C o per aggiunta d'indurenti (resina d'incollaggio, resina di colata). Allo stato indurito, le duroplastiche sono dure come il vetro e non possono più essere rammollite mediante riscaldamento (per questo sono chiamate termoidurenti). A quel punto non sono più solubili mediante solvente, non sono saldabili e non possono più essere lavorate, se non per asportazione di trucioli. Mediante l'aggiunta di certi coadiuvanti, le duroplastiche sono principalmente utilizzate per la fabbricazione di materiali composti. Questi coadiuvanti migliorano le proprietà o servono da cariche.

Esempi di materie duroplastiche**Resina fenolica PF (fig. 1)**

Proprietà: unicamente di colorazione scura, duro, fragile, incollabile, altera la luce, diventa marrone, odora di fenolo.

Applicazione (fig. 1): stampi per pezzi scuri mediante cariche adatte, materiali stratificati pressati, vernici a base di resina sintetica.

Resina urica UF; resina melaminica MF (fig. 1)

Proprietà: chiara come vetro, non altera la luce, inodore, colorabile all'origine; durezza, fragilità, resistenza agli acidi e solventi deboli.

Applicazione (fig. 1): stampi per pezzi chiari mediante cariche adatte, materiali stratificati pressati, vernici a base di resina sintetica, mastici a caldo e a freddo.

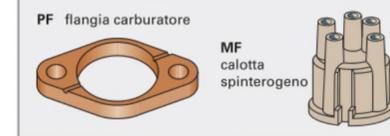


Figura 1: Applicazioni per PF e MF

Resina poliestere UP (fig. 2)

Proprietà: chiara come vetro; può essere dura, fragile, dolce o elastica; buona fondibilità e aderenza; resistente a olio, benzina, solventi, acidi e soluzioni alcaline deboli.

Applicazioni (fig. 2): colle per metalli, stucchi a spatola, resina fusa, materie plastiche rinforzate con fibra di vetro (vetroresina).

Resina epossidica EP (fig. 2)

Proprietà: incolore fino a colorazione giallastra, dura, resistente all'urto, ottima fondibilità, buona aderenza.

Applicazione (fig. 2): materie collanti (colle), trasformabilità di fusione per elementi di elettronica, materie plastiche rinforzate con fibra di vetro (vetroresina).



Figura 2: Applicazioni per UP e EP

Resina poliuretanic PUR (fig. 3)

Proprietà: di colore giallo, trasparente, dura, tenace, dolce oppure elastica similgomma, aderente, formabile a schiuma.

Applicazioni per PUR (fig. 3)

PUR duro: cuscinetti, ruote dentate (ingranaggi).

PUR medioduro fino a dolce: scudi paraurti, adesivi.

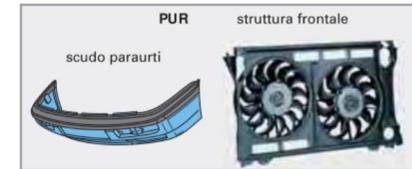


Figura 3: Applicazioni per PUR

PUR schiuma: imbottiture di selleria per autoveicoli, schiuma integrale per rivestimenti nel settore automobilistico.

8.6.3 Elastomeri

Gli elastomeri sono formati da macromolecole lineari disordinate. La vulcanizzazione crea una rete di molecole a maglie molto larghe, unite da legami chimici.

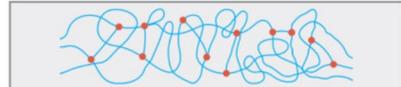


Figura 4: Struttura degli elastomeri

I materiali di base sono delle gomme sintetiche o del caucciù naturale. Essi possono essere deformati con forze deboli e riprendono la forma primitiva al cessare della forza. Sono anche chiamate gomme artificiali. Non fondono durante un riscaldamento ma restano elastici fino alla loro distruzione quando le temperature sono troppo elevate. Possiedono una buona resistenza, un buon allungamento ed una grande elasticità. Non sono fusibili, non possono essere lavorati mediante asportazione di trucioli e non sono saldabili. Possono gonfiarsi, ma non essere disciolti.

Esempi di elastomeri**Gomma (gomma naturale) NR**

Proprietà: l'elasticità diminuisce in funzione della diminuzione del contenuto di zolfo; non resistente a olio, benzina, benzolo e invecchiamento.

Applicazione (fig. 5): miscibile nella produzione di pneumatici, tubi dell'acqua, guarnizioni, cinghie di trasmissione.

Caucciù stirene-butadiene (gomma artificiale) SBR

Proprietà: simile alla gomma naturale ma più resistente all'abrasione e all'invecchiamento, meno elastico; resistente a olio e benzina.



Figura 5: Applicazioni per NR e SBR

Applicazione: miscibile nella produzione degli pneumatici per autoveicoli, manicotti, tubi.

8.7 Materiali compositi

I materiali compositi sono dei prodotti composti da due o più elementi diversi. Gli elementi di base si distinguono facilmente.

Nei materiali compositi, le favorevoli caratteristiche delle materie che vengono combinate assieme, come alta resistenza, durezza, tenacità oppure elasticità, sono trasmesse al nuovo materiale. Si suddividono in materiali rinforzati con particelle e in materiali fibro-compositi rinforzati.

8.7.1 Materiali rinforzati con particelle, stampati a carica di riempimento

Si tratta di resine sintetiche miscelate con materie di riempimento (cariche) stampate sotto pressione in pezzi finiti.

Le materie di riempimento (cariche) possono essere polvere di pietrame, segatura di legno o fuliggine; fibre tessili; trinciato di carta, legname o tessuti. Queste materie di riempimento condizionano le caratteristiche dei manufatti prodotti in tal modo, come resistenza, fragilità, conducibilità termica e capacità di isolamento. Servono, inoltre, come mezzo di distensione.

Applicazioni: volanti, pomelli leva cambio, guarniture freno e frizioni, corpi e involucri isolanti elettrici.

Materiali compositi sinterizzati. Per mezzo della sinterizzazione, è possibile unire materie che altrimenti non potrebbero essere legate o lo sarebbero difficilmente. Materiali compositi sinterizzati sono, per esempio, metalli duri, materiali di taglio ossido-ceramici, elementi di magneti permanenti, spazzole di carbone, bielle, freni a disco ceramici.

8.7.2 Materiali fibro-rinforzati

Sono costituiti da fibre come la fibra di vetro, di carbonio o d'aramide.

Le loro proprietà sono influenzate dal tipo e dalla disposizione delle fibre, come dal tipo di resina sinteti-

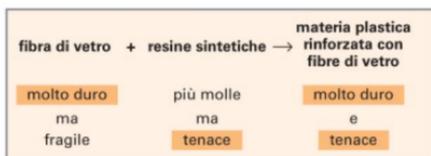


Figura 1: Concetto GFK

ca utilizzata per collegare le fibre.

Materiali compositi rinforzati con fibre di vetro (GFK). Sono fabbricati mediante differenti processi; il più conosciuto è la sagomatura manuale, per esempio pezzi di carrozzeria, silos o barche.

Applicazioni: per barche, lame di molle, pezzi d'areari, parti di carrozzeria (fig. 1), pale dei ventilatori, sedili avvolgenti, sci, pignoni.



Figura 2: Assale posteriore in GFK

I materiali compositi rinforzati con fibre di carbonio (CFK). A causa dei loro costi ancora elevati, vengono utilizzati solo raramente nella costruzione dei veicoli. I loro vantaggi sono un'alta resistenza e una debole massa volumica; inoltre, assorbono rumori e vibrazioni e offrono una forte resistenza all'usura.



Figura 3: Disco freno in CFK

Materiali compositi rinforzati in fibra aramidica (AFK). La produzione delle fibre avviene per mezzo di polimerizzazione di una soluzione acida di zolfo.

Applicazioni: vestiario e caschi di protezione, come rimpiazzo dell'amianto, nel materiale d'attrito delle pastiglie freno, guarnizioni e schermi a scorrimento.

Tabella 1: Comparazione di diversi materiali

Materiali	Densità ρ in g/cm ³	Resistenza a trazione R_m in MPa (N/mm ²)
acciaio	7,85	500
lega di Al	2,70	350
lega di Ti	4,50	900
lega di Mg	1,74	330
GFK	1,95	1000
CFK	1,80	3530...4560
AFK	1,45	2800...2900