

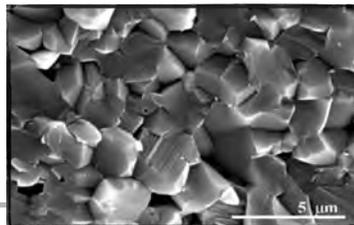
LA GHISA E L'ACCIAIO

LEGHE METALLICHE

- Le leghe sono delle DISPERSIONI DI UN SOLIDO IN UN ALTRO SOLIDO
- SOLVENTE: **metallo base** (metallo presente in maggiore quantità)
- SOLUTO: **alligante** (metallo o non metallo presente in minore quantità)
- Gli **alliganti** vengono aggiunti per modificare (migliorare) le proprietà del metallo base

STRUTTURA DELLE LEGHE

- I metalli sono dei **SOLIDI POLICRISTALLINI** (aggregati di molti cristalli, detti **GRANI**)
- Le dimensioni dei **grani** dipendono
 - dalla velocità di raffreddamento
 - dai trattamenti termici

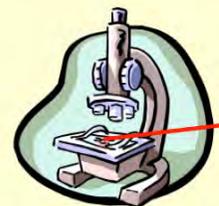


STRUTTURA DEI METALLI



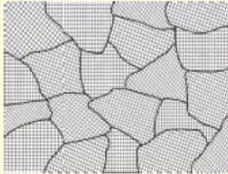
GRANI CRISTALLINI

- Durante la solidificazione di un metallo liquido si formano progressivamente in tutta la massa i "grani cristallini" affiancati.
- I grani sono visibili con un microscopio ottico (x 200) sulla superficie di un provino levigata ed attaccata con acido



GRANI CRISTALLINI

Schema 2D



Micrografia ghisa



Ghisa lamellare

Schema 3D



Ghisa sferoidale

STRUTTURA DELLE LEGHE

I **solidi policristallini** possono essere:

- **MONOFASICI** - i grani hanno tutti la **stessa composizione** e le stesse proprietà; **cambia solo la loro orientazione** nello spazio.
 - Tali leghe sono dette **SOLUZIONI SOLIDE** (i componenti sono miscibili allo stato solido).
- **POLIFASICI** - i cristalli hanno **diversa composizione e reticolo cristallino** e quindi **diverse proprietà**.
 - Tali leghe sono dette **LEGHE EUTETTICHE** (i componenti sono immiscibili allo stato solido).

STRUTTURA DELLE LEGHE

SOLIDI POLICRISTALLINI POLIFASICI

SOLIDI POLICRISTALLINI MONOFASICI



CRISTALLI PURI

Si ha una lega di cristalli puri quando i componenti non sono solubili. Si hanno due tipi di grani cristallini diversi, ognuno formato da un solo atomo

CRISTALLI MISTI

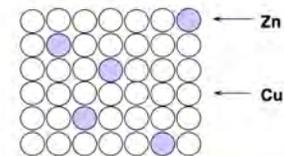
Si ha una lega di cristalli misti quando i componenti sono solubili. Nel reticolo del cristallo sono presenti entrambi gli atomi dei metalli componenti

CRISTALLI di Composti Intermetallici

Si ha una lega di cristalli puri quando i componenti della lega possono formare composti ben definiti. La lega è formata da celle tutte uguali

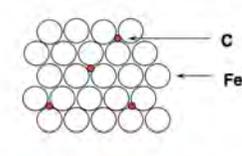
SOLUZIONI SOLIDE

- La dispersione dell'elemento alligante nel reticolo del metallo base è completa: si forma un *miscuglio macroscopicamente omogeneo* in cui la struttura cristallina è praticamente quella del metallo base.
(lega monofasica con componenti completamente miscibili allo stato solido)



Leghe sostituzionali

Ottone [Zinco (sino a 40%) in Rame]
Cu/Zn



Leghe interstiziali

Acciaio [Carbonio (0.2-1%) in Ferro]
C/Fe

LE LEGHE FERROSE

- Nelle leghe Fe-C, il carbonio può essere presente allo stato combinato sottoforma di **carburo di ferro Fe_3C** (cementite), oppure allo stato puro come **grafite**.
- A seconda della percentuale presente nella lega, i materiali ferrosi sono così classificati:
 - Ferro, con $C < 0,008 \%$
 - Acciaio, con $C = 0,008 \div 2,06 \%$
 - Ghisa, con $C = 2,06 \div 6,67\%$

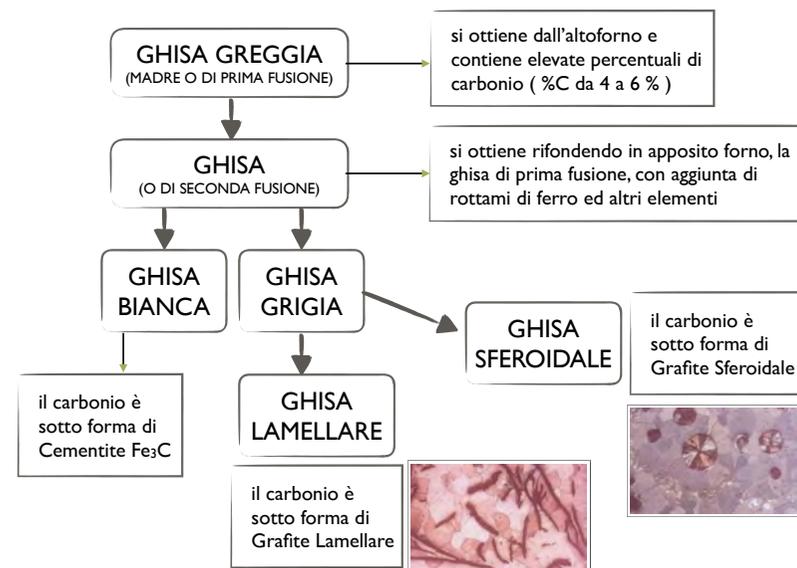
LE LEGHE FERROSE

- Le proprietà fisiche, meccaniche e tecnologiche di queste leghe dipendono essenzialmente dal **tenore di carbonio** in esse contenuto (e dal trattamento termico subito)
- L'aumento della percentuale di carbonio nella lega causa:
 - aumento di resistenza a trazione, durezza, fusibilità
 - diminuzione di resilienza, allungamento, saldabilità, fucinabilità.



MONOBLOCCO IN GHISA PER MOTORE

TIPI DI GHISA



FORME CARATTERISTICHE DELLA GRAFITE

I) Lamelle sottili con punte aguzze.

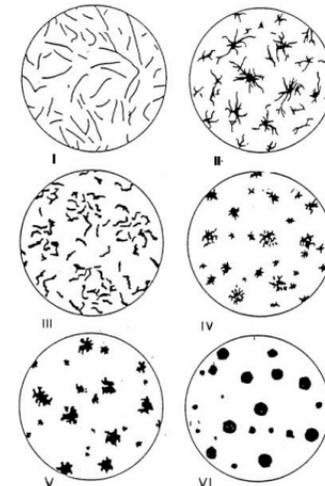
II) Noduli con accentuate ramificazioni di lamelle.

III) Lamelle spesse con punte arrotondate.

IV) Flocculi frastagliati.

V) Flocculi compatti.

VI) Sferoidi



GHISA MADRE O GREGGIA

- Lo scopo principale dell'altoforno è quello di produrre la ghisa "madre".
- Fuoriesce alla temperatura di $1330 \div 1380^{\circ}\text{C}$ dal foro di colata del crogiolo, attraverso un canale di colata ricavato su sabbia refrattaria. Ha la seguente composizione media:

Elementi	%
Carbonio	$3 \div 4$
Silicio	$1 \div 3$
Manganese	$1 \div 2$
Fosforo	$0,3 \div 2$
Zolfo	$0,1 \div 0,2$
Ferro	Il resto

Il fosforo e lo zolfo sono elementi dannosi perché impartiscono fragilità alla ghisa. Lo zolfo è particolarmente nocivo perché fa anche aumentare il ritiro, diminuisce la colabilità, provoca soffiature. Il fosforo, in percentuale inferiore all'1,2 %, può essere utile perché aumenta la fluidità della ghisa che, quindi, risulta adatta per produrre getti di piccolo spessore.

GHISA MADRE O GREGGIA

- La ghisa madre ha una delle seguenti destinazioni:
 - in acciaieria, per mezzo di carri-siluro, dove viene trasformata in **acciaio**;
 - in fonderia, per mezzo di grossi secchioni, per ottenere dei **getti**;
 - in piccole fosse di sabbia silicea (dove si raffredda lentamente) o in conchiglie metalliche raffreddate a pioggia d'acqua (dove la ghisa si raffredda velocemente), formando dei "**pani**" che poi saranno rifusi in un altro stabilimento.



SECCHIO PER GETTO DI GHISA



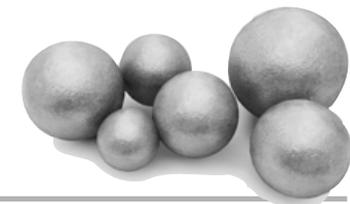
CARRO SILURO



PANI DI GHISA

GHISE BIANCHE ($C \cong 2,5 \div 3,5\%$ $Si \leq 1\%$)

- La presenza di cementite (dura e fragile) dà luogo a superfici di frattura riflettenti, da cui il nome stesso dato a questo tipo di ghise.
- Durezza molto elevata (≥ 50 HRC) \Rightarrow ottima resistenza ad usura e all'abrasione, alla corrosione e all'ossidazione. Bassa tenacità.
- I fattori che favoriscono la formazione di ghise bianche sono:
 - tenori di C e Si relativamente bassi
 - elevate velocità di raffreddamento
 - sezioni sottili.



GHISA GRIGIA LAMELLARE

(C=2,5÷4,5% SI=1÷3,5%)

- Solidificano in una struttura costituita da **lamelle di grafite**.
- Derivano il loro nome dal caratteristico colore delle superfici di frattura.
- Tipo di ghisa industrialmente più utilizzato, anche perché molto economico. Fragile e di media durezza.

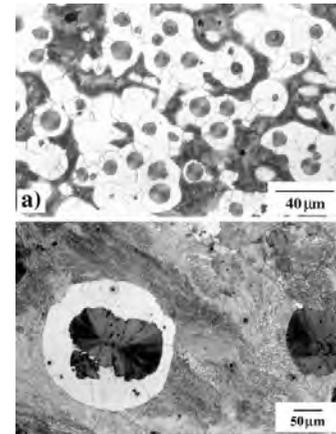


PROPRIETÀ DELLE GHISE GRIGIE

- | | |
|------------------------------------|---|
| ✓ Buona colabilità e scarso ritiro | ✓ Ottima capacità di smorzamento delle vibrazioni |
| ✓ Ottima resistenza a compressione | ✓ Buona resistenza all'usura e basso attrito (la grafite agisce da lubrificante solido) |
| ✓ Ottima Lavorabilità | ✓ Poco costose |
| ✓ Buona conducibilità termica | |

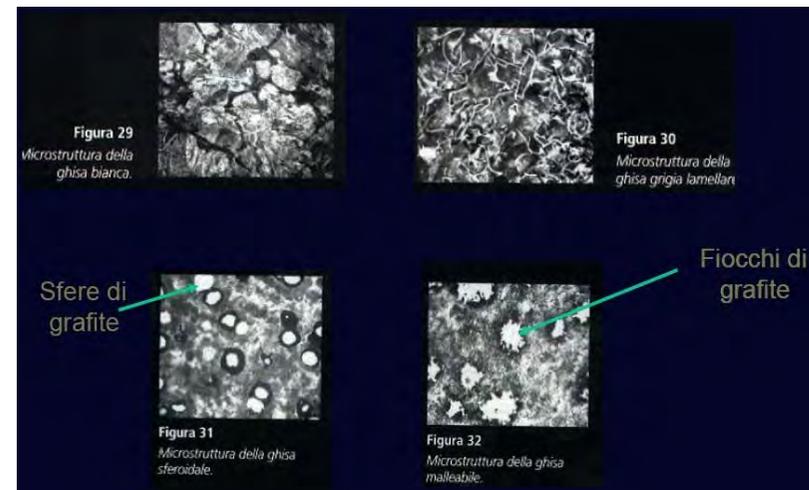
GHISA GRIGIA SFEROIDALE

- L'aggiunta di Mg e Ni determina la presenza di grafite in forma di **sferoidi**.
- Notevole miglioramento di tutte le proprietà meccaniche, inclusa la duttilità.
 - **Buona resistenza a fatica e ad usura, fusibilità, resistenza alla corrosione e al calore.**
- Materiale più basso-fondente dell'acciaio, ma con caratteristiche meccaniche confrontabili.
- Materiale ferroso più diffuso dopo la ghisa grigia e l'acciaio



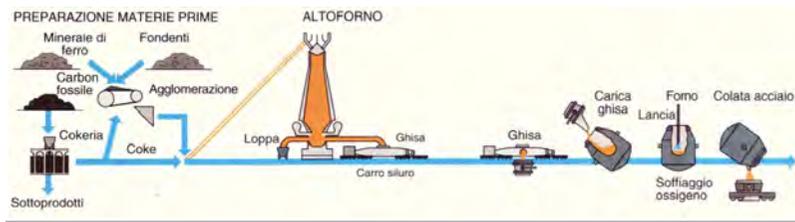
GHISA MALLEABILE

- Ottenuta dalla ghisa bianca per prolungato riscaldamento a temperatura adeguata (*ricottura*).
 - Buona fluidità e colabilità
 - Buona lavorabilità all'utensile e saldabilità.
 - Buone proprietà resistenziali, di duttilità e di tenacità



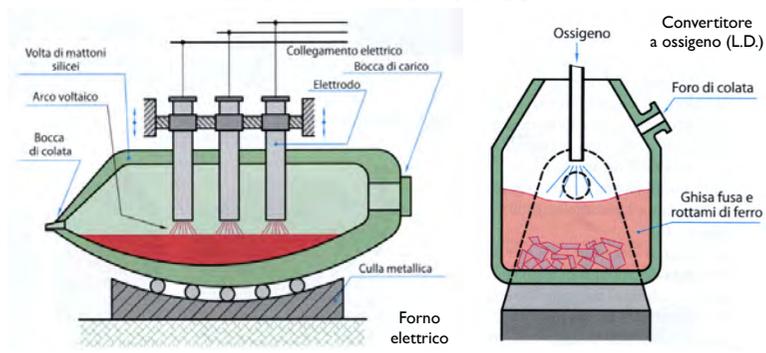
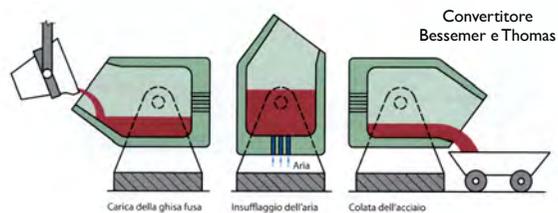
PRODUZIONE DELL'ACCIAIO

- La ghisa madre prodotta con l'Alto Forno è la materia base di partenza per la fabbricazione dell'acciaio.
- Utilizzando particolari forni (detti "convertitori") si determina di fatto una **riduzione della percentuale di carbonio** nella ghisa (ricordiamo che gli acciai hanno un tenore di carbonio compreso tra lo 0,008 ed il 2,06%).



PROCESSI DI AFFINAZIONE

- A CARICA LIQUIDA
 - Trattano direttamente la ghisa proveniente dall'altoforno attraverso i **convertitori**.
- A CARICA SOLIDA
 - Utilizzano pani di ghisa solidi e rottami di ferro portati a fusione mediante **forni**.



CONVERTITORI

- La decarburazione della ghisa avviene in appositi forni detti "convertitori", per mezzo di una corrente d'aria compressa che ne attraversa la massa liquida.
- Tra i primi convertitori ricordiamo il **Bessemer ed il Thomas**, che forniscono però un acciaio non di qualità a causa della presenza di azoto (inserito con l'aria) e della rapidità del processo.
- Di maggior qualità è l'acciaio prodotto col convertitore **L. D.** (che utilizza ossigeno puro) o col **forno elettrico**

CONVERTITORE A OSSIGENO

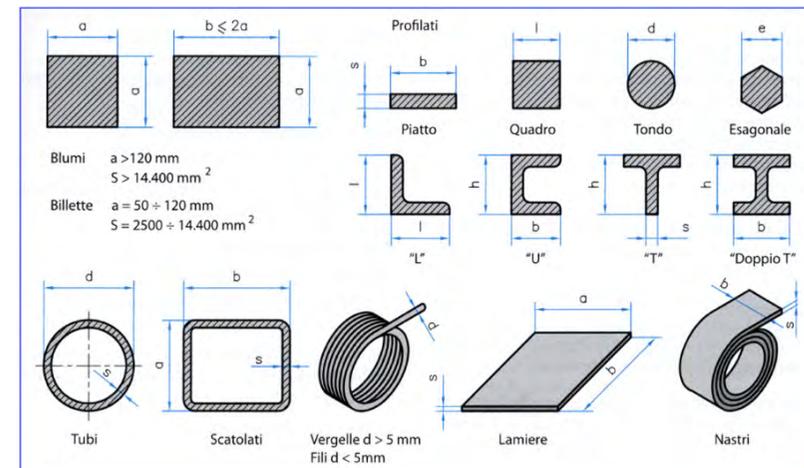
- Sigla L. D. → “Linzer Dusenverfahren”, che vuol dire “processo con lancia di Linz”. Una lunga “lancia” immette dall’alto **ossigeno puro** nel convertitore che contiene:
 - Ghisa liquida per il 70 %
 - Rottame di ferro per il 30 %
 - Fondente e calce
- La reazione molto esotermica porterebbe la temperatura del forno a 2000°C: per questo viene introdotto **rottame ferroso** che, assorbendo calore, abbassa la temperatura del forno a **1650°C**.
- Produce acciai di **ottima qualità** (privi di zolfo, con poco fosforo ed ossigeno); presentano **caratteristiche meccaniche e tecnologiche eccellenti**, più del 75 % dell’acciaio è fabbricato con tale metodo.

FORNO ELETTRICO AD ARCO

- vantaggio di consentire un **riscaldamento rapidissimo** e di raggiungere **temperature molto elevate e facilmente regolabili**.
- Per la sua caratteristica forma, il forno Heroult è anche detto forno a “culla”. Si tratta di un forno provvisto di due o tre **elettrodi di grafite** che producono archi elettrici tra gli elettrodi stessi ed il bagno metallico che fonda per il calore prodotto.
- Il forno elettrico, oltre che per trattare la ghisa, è particolarmente adatto per la fabbricazione di **acciai speciali** partendo da un acciaio già raffinato.

SEMILAVORATI DI ACCIAIO

- L’acciaio prodotto viene commercializzato sotto forma di “semilavorati”, che si ottengono mediante un processo detto di “**laminazione**”.
- La laminazione viene effettuata direttamente al termine della “**colata continua**” dell’acciaio proveniente dal forno oppure sui lingotti ottenuti con la “**colata in lingottiera**”, che vengono riscaldati e, quindi, laminati



TIPI DI ACCIAIO

- **ACCIAI COMUNI:** Fe + C (%C da 0,06% a 2,06%)
- **ACCIAI SPECIALI:** acciaio semplice + altri elementi alliganti
- **ACCIAI DEBOLMENTE LEGATI:** la percentuale di ogni elemento non supera il 5%
- **ACCIAI LEGATI:** la percentuale di almeno uno degli elementi alliganti supera il 5%
- Il carbonio contribuisce ad aumentare la resistenza meccanica, la durezza, la fragilità e a diminuire le proprietà plastiche.

TIPI DI ACCIAIO

Classificazione in base alla composizione chimica :

▪ ACCIAIO	% C
▪ extradolce	< 0,008
▪ semidolci	0,008 - 0,10
▪ dolci	0,10 - 0.40
▪ semiduri	0.40 - 0.55
▪ duri	0.55 - 0.80
▪ extraduri	0.80 - 2,00

PROPRIETÀ DEGLI ACCIAI

- **ELEVATA RESISTENZA A TRAZIONE E COMPRESSIONE**
- **BUONA RESILIENZA**
- **DISCRETA COLABILITÀ**
- **OTTIMA LAVORABILITÀ** alle macchine utensili
- **OTTIMA PLASTICITÀ**
- **OTTIMA SALDABILITÀ**
- Occorre notare che le proprietà di un acciaio dipendono da molti fattori quali percentuale di carbonio, trattamenti termici, altri elementi di lega.

ELEMENTI AGGIUNTIVI NEGLI ACCIAI

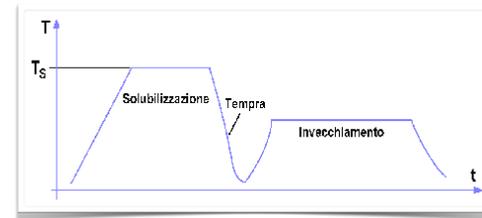
- Il **nichel** è introdotto spesso negli acciai insieme al cromo e al molibdeno.
- Negli acciai da costruzione il **nichel** è in quantità variabili da 0,6 a 5 % e **migliora le proprietà meccaniche e tecnologiche** in misura maggiore rispetto a quella di tutti gli altri elementi normalmente aggiunti. In particolare:
 - aumenta la resilienza
 - aumenta l'allungamento percentuale e la duttilità
 - aumenta il carico di rottura a trazione e la durezza
 - facilita il trattamento termico di tempra.
- La presenza del nichel negli acciai è invece **negativa** per quanto riguarda:
 - la lavorabilità alle macchine utensili
 - la conducibilità termica.

ELEMENTI AGGIUNTIVI NEGLI ACCIAI

- Il **romo**, che è l'elemento base degli acciai resistenti alla corrosione, ha gli stessi effetti del nichel quando la sua percentuale è superiore al 12 %.
- Il **molibdeno** determina un miglioramento della lavorabilità alle macchine utensili.
- Il **tungsteno** è usato per la fabbricazione di acciai per utensili in percentuale da 10 a 25 % dato che esso conferisce elevata durezza che viene mantenuta anche a caldo.
- Negli acciai per utensili il **cobalto** è presente in percentuale da 3 a 10 %.

TRATTAMENTI TERMICI

- Trattamento termico è il **ciclo termico** o il complesso di cicli termici e quindi di operazioni di **riscaldamento** di **permanenza** a temperature determinate e di **raffreddamento** che vengono eseguite su una determinata lega metallica allo scopo di conferire a tutto il materiale o a parte di esso, come ad esempio gli strati superficiali, particolari **caratteristiche meccaniche e tecnologiche** adatte al suo impiego.



- MIGLIORANO:
 - durezza
 - resistenza
 - tenacità
 - lavorabilità
 - malleabilità

TRATTAMENTI TERMICI

- **Tempra**: consiste nella riscaldare il materiale fino a una certa T (800°C per l'acciaio), mantenerla per un certo intervallo di tempo e poi raffreddare il pezzo molto velocemente per immersione in un fluido freddo (acqua o olio).
 - Effetti:
 - aumento della durezza, resistenza a trazione
 - diminuzione della resilienza, lavorabilità, allungamento percentuale.
 - Gli acciai dolci non subiscono tempra.
- **Rinvenimento**: si esegue su materiali già temprati. E' un riscaldamento a una T molto inferiore a quella di tempra (200-650°C) e un successivo raffreddamento più o meno lento.
 - Serve per attenuare gli effetti della tempra (limita la durezza e aumenta la tenacità)

TRATTAMENTI TERMICI

- **Bonifica**: trattamento di tempra seguito da un rinvenimento a circa 550 °C; gli acciai così trattati, che acquistano ottime proprietà meccaniche, sono denominati "**acciai bonificati**".
- **Ricottura**: prolungato riscaldamento a 850 - 900°C e successivo lento raffreddamento.
 - compromesso: aumenta resistenza e durezza, ma viene mantenuta una buona resilienza.
- **Normalizzazione**: prolungato riscaldamento a 850 - 900°C e successivo raffreddamento in *aria calma*.
 - per ripristinare una struttura interna omogenea ed eliminare le tensioni interne dovute alle lavorazioni o trattamenti.

TRATTAMENTI TERMICI

- **Trattamenti termochimici di diffusione:** per modificare solamente la composizione chimica, le proprietà meccaniche e tecnologiche degli strati superficiali di pezzi meccanici.
 - Tali trattamenti consistono nel far assorbire ai pezzi, portandoli ad adatte temperature, elementi chimici con cui hanno affinità: carbonio, azoto, zolfo ...
 - Si parla allora di **Carbocementazione, Nitrurazione, Solforazione ...**
-