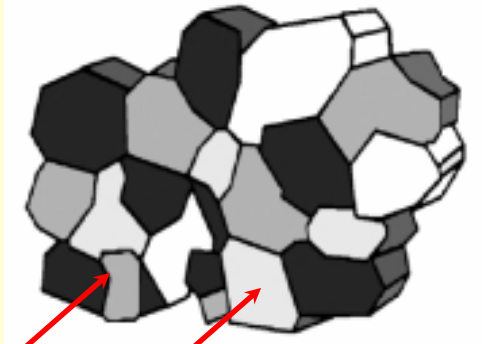
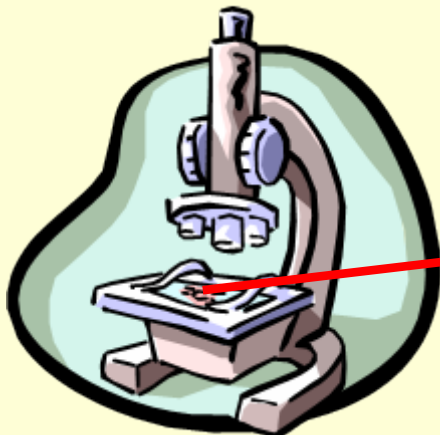


STRUTTURA DEI METALLI



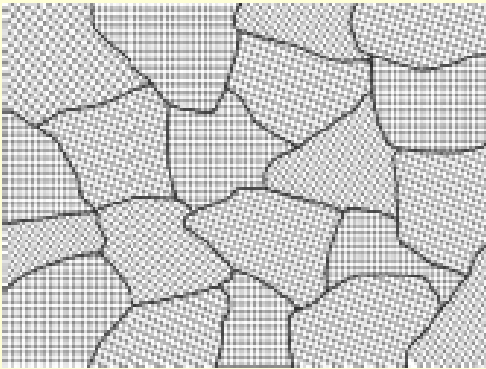
GRANI CRISTALLINI

- 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

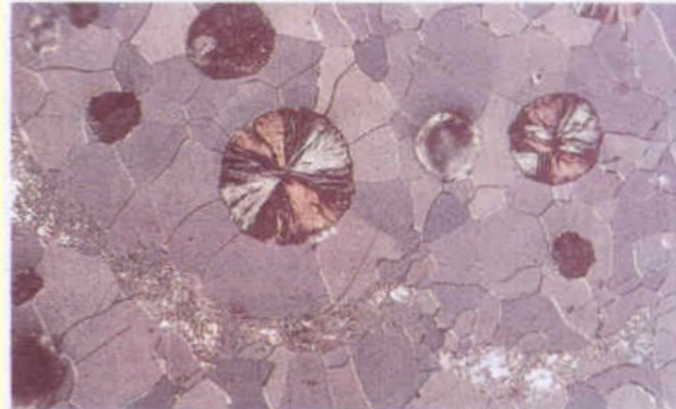


Micrografia ghisa



Ghisa
lamellare

Schema 3D



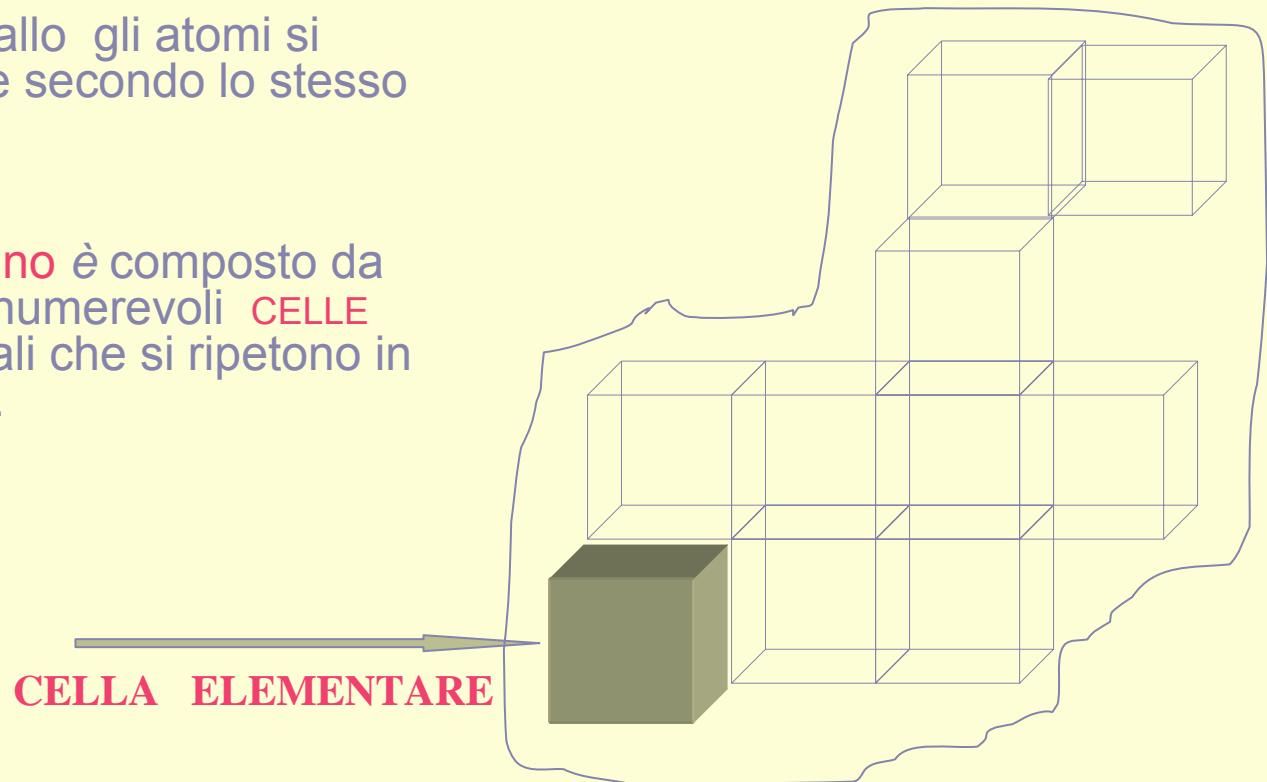
Ghisa
sferoidale

STRUTTURA CRISTALLINA DEI METALLI

In un metallo puro , allo stato solido , gli atomi si dispongono secondo una **geometria ordinata e regolare**, chiamata **reticolo cristallino**, che si sviluppa in tutta la massa .

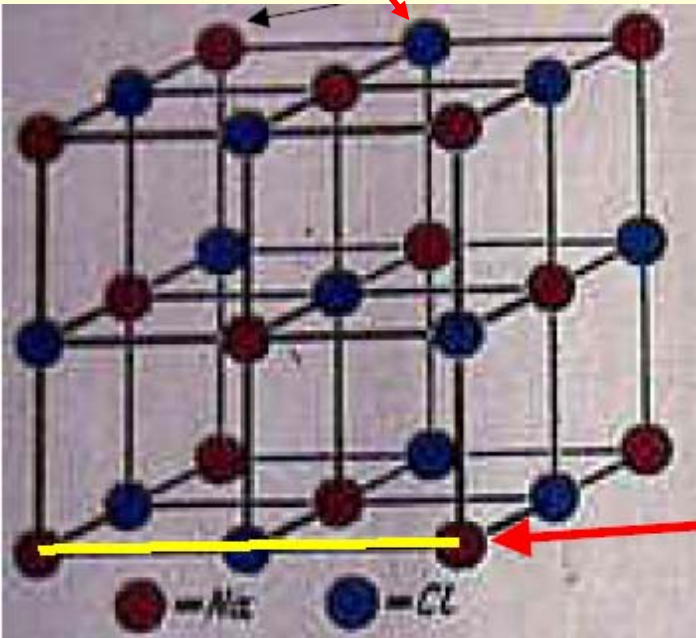
Nello stesso metallo gli atomi si dispongono sempre secondo lo stesso reticolo .

Il **reticolo cristallino** è composto da un insieme di innumerevoli **CELLE ELEMENTARI** uguali che si ripetono in tutte le direzioni .



RETICOLO CRISTALLINO

Atomi



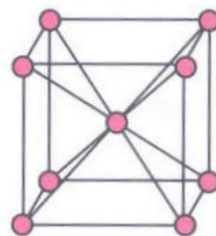
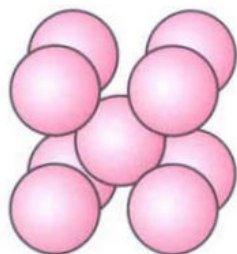
Il reticolo cristallino è una struttura virtuale ottenuta unendo le particelle (atomi, gli ioni o le molecole) che formano il solido ; in esso si distinguono :

- Nodi : punto ove si trova l'atomo
- Filari : insieme di atomi allineati
- Piani reticolari : insieme di nodi che sono su un piano
- Celle elementari : unità che si ripete indefinitamente nella massa

CELLE ELEMENTARI DEI METALLI PURI

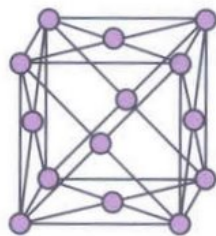
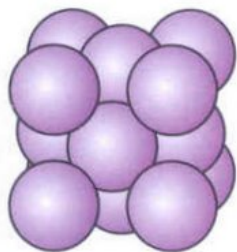
La maggior parte dei metalli puri allo stato solido è costituita da **Celle Elementari** appartenenti ad uno dei tre tipi fondamentali riportati :

1



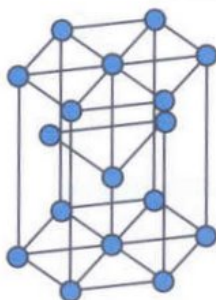
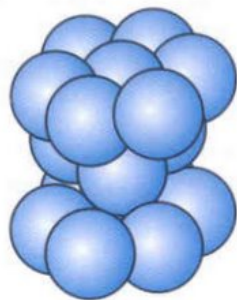
1) **CELLA CUBICA A CORPO CENTRATO (C C C)**
(si ha nel W , Cr , Mo , Fe α)

2



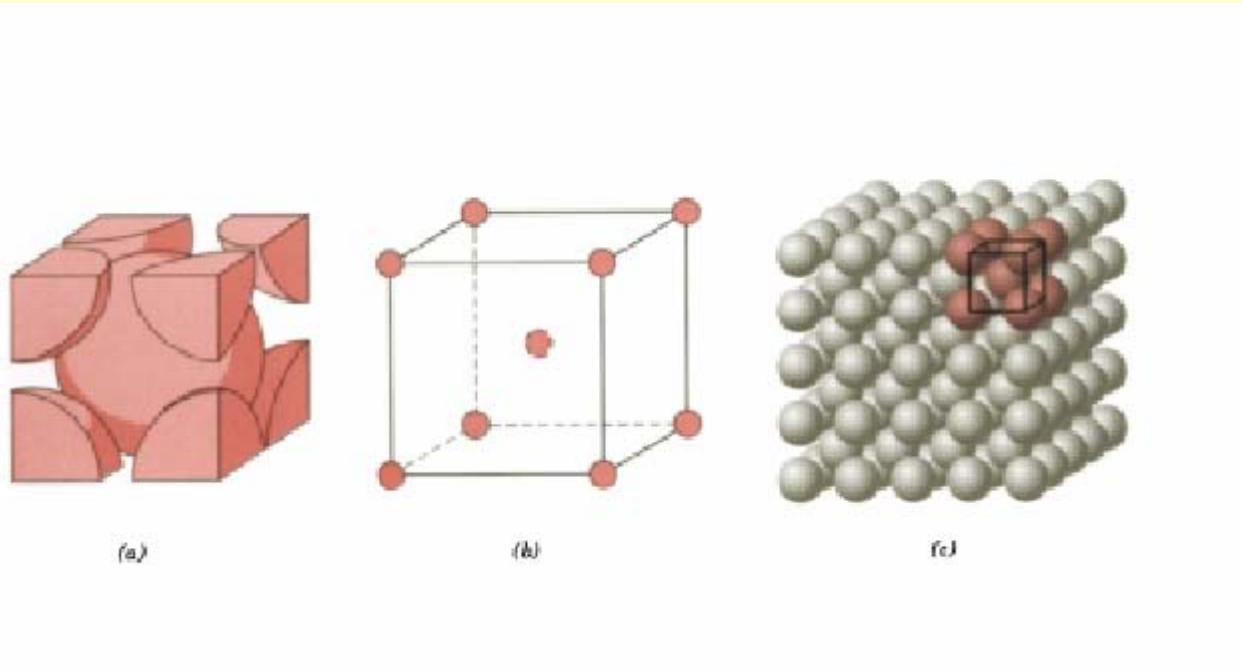
2) **CELLA CUBICA FACCE CENTRATE (C F C)**
(Au , Ag , Al , Cu , Pb , Fe γ)

3



3) **CELLA ESAGONALE (E C P) COMPATTA**
(si ha nello Zn , Mg , Cd , Be)

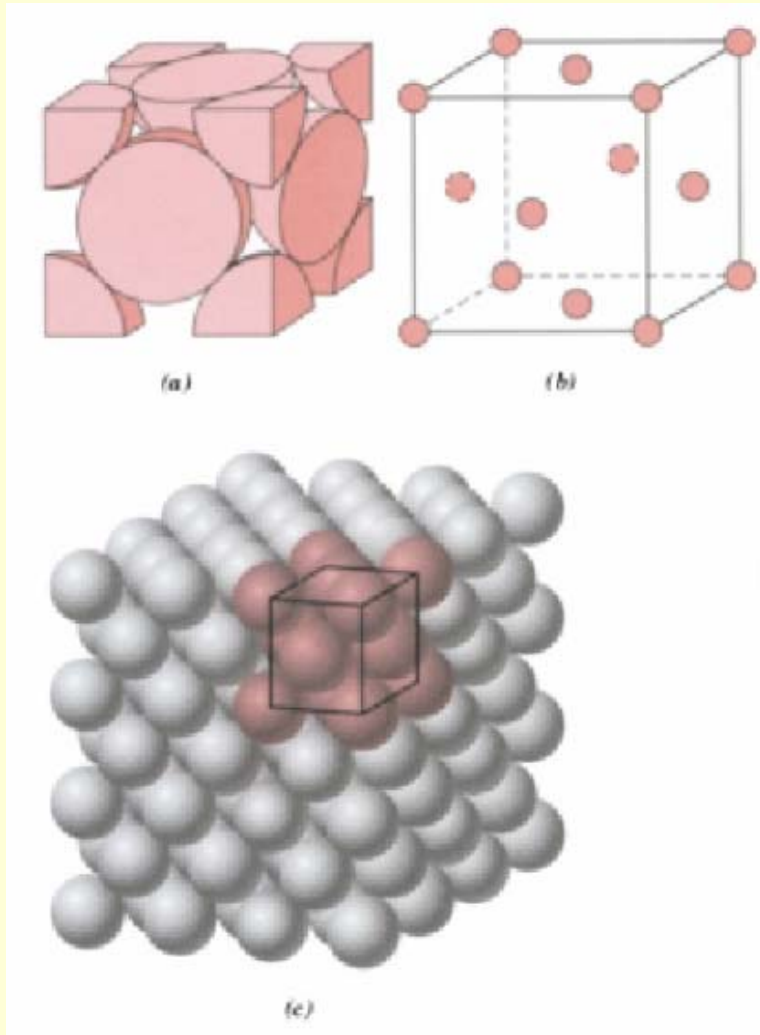
CELLA CUBICA A CORPO CENTRATO



Ha la forma di un cubo ed è composta da 9 atomi ; di cui 8 stanno ai vertici del cubo ed 1 al centro del cubo

E' la struttura tipica dei materiali più duri quali Tungsteno (W) , Ferro- α Molibdeno (Mo) ,

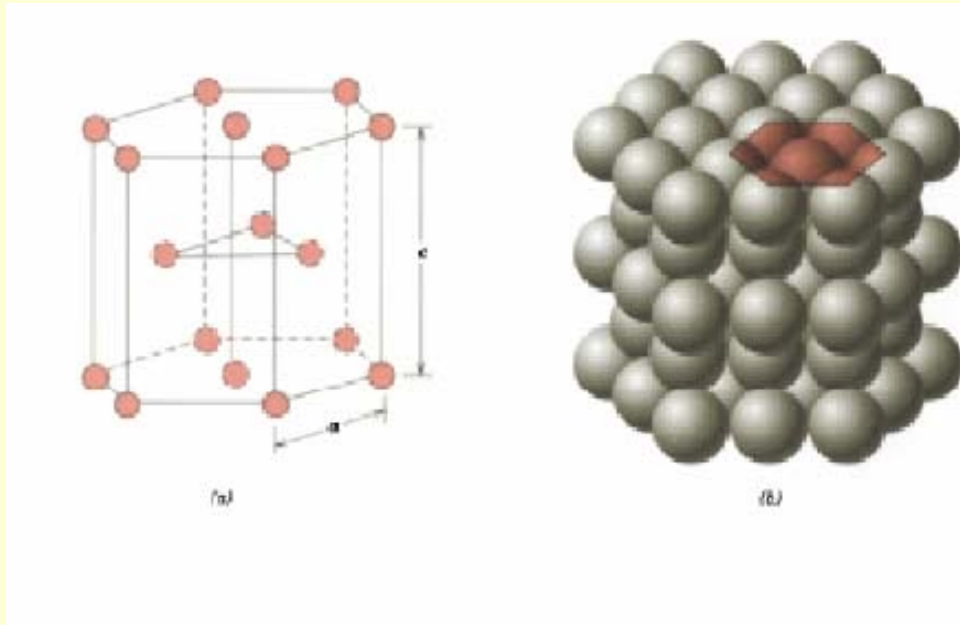
CELLA CUBICA A FACCE CENTRATE



Ha la forma di un cubo a base esagonale ed è composta da 14 atomi ; di cui 8 si trovano ai vertici del cubo e 6 ai centri delle facce del cubo .

E' la struttura tipica dei materiali **più duttili** quali Rame (Cu) Alluminio (Al) , Oro (Au) , Argento (Ag) ; Ferro- γ

CELLA ESAGONALE COMPATTA




Ha la forma di un prisma retto a base esagonale ed è composta da 17 atomi ; di cui 12 si trovano ai vertici del prisma , 2 ai centri delle basi e 3 all'interno del prisma .

E' la struttura tipica dei materiali fragili quali Zinco (Zn) , Magnesio (Mg)




LEGHE METALLICHE

- Si definisce lega metallica una **miscela solida** mono o polifasica, composta da **2 o più** elementi, di cui almeno uno, il principale, è metallico.
 - Esempi : Acciaio, Ghisa, Bronzo , Ottone
 - I componenti della lega sono indivisibili e non sono visibili singolarmente .
- 

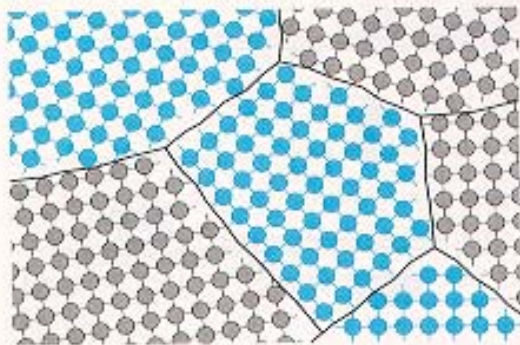


STRUTTURA delle LEGHE METALLICHE

Nelle leghe durante la solidificazione si possono formare vari tipi di grani cristallini ; i tre tipi fondamentali sono :

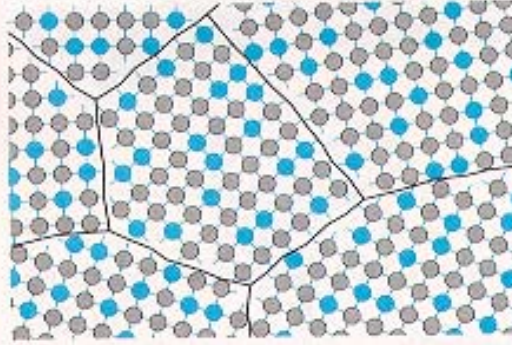
- ❖ CRISTALLI PURI
 - ❖ CRISTALLI MISTI o DI SOLUZIONE SOLIDA
 - ❖ CRISTALLI DI COMPOSTI INTERMETALLICI
- 

STRUTTURA DELLE LEGHE



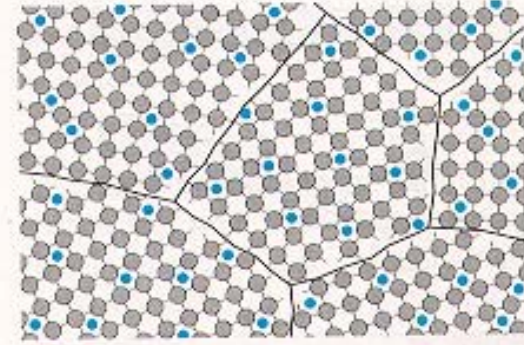
CRISTALLI PURI

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 puri 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



LEGHE FERROSE

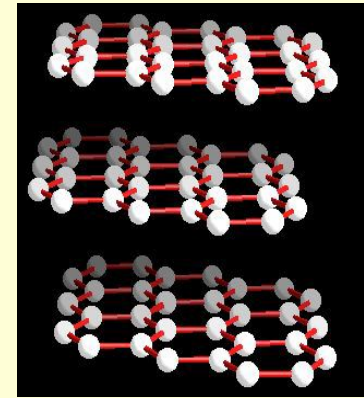
Sono formate da un metallo , il Ferro (simbolo Fe) e da un non metallo , il Carbonio (simbolo C). Sono chiamate anche leghe Ferro-Carbonio

In base al tenore di carbonio si dividono in :

- ❖ **ACCIAIO** : tenore carbonio %C da 0,06 a 2,06
 - ❖ **GHISA** : tenore carbonio % C da 2,06 a 6,67
- 



CARBONIO



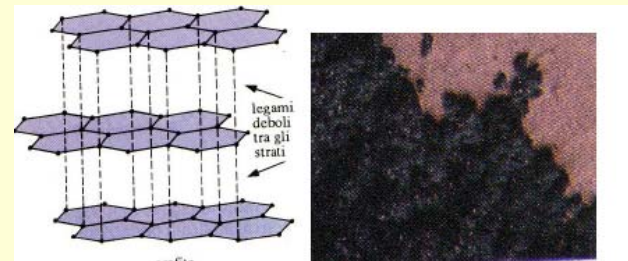
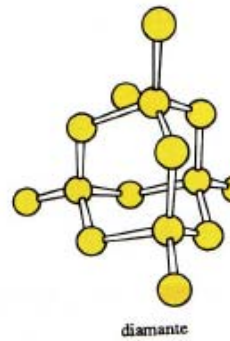
- Dal latino carbo (carbone).
- Elemento di simbolo C, di peso atomico 12,011; numero atomico 6 ; densità 2,26 g/cm³.
- Esiste libero in natura sotto diverse forme allotropiche (diamante e grafite), è il costituente principale del carbone ed è parte essenziale di tutti i composti organici, delle rocce calcaree e di tutti gli organismi viventi.

ALLOTROPIA DEL CARBONIO

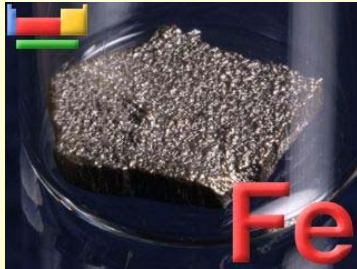
- Se uno stesso elemento dà origine a cristalli diversi si parla di **ALLOTROPIA**.
- Ad esempio il carbonio si trova sotto forma di **diamante** (struttura c f c) o di **grafite** (struttura a strati).
- Pressione e temperatura determinano le condizioni di stabilità di una fase o dell'altra.



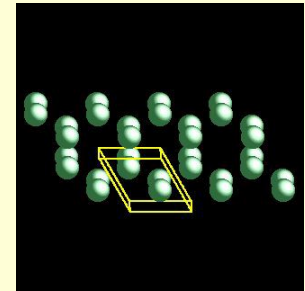
Diamante



Grafite



IL FERRO



- Elemento chimico di simbolo Fe, di peso atomico 55,84 ; numero atomico 26.
- Il ferro metallico chimicamente puro è un metallo di colore bianco e lucente. Fonde a ca. 1540 °C e bolle a 3070 °C; il suo peso specifico è di 7,87 g/cmc. Il ferro è polimorfo: a temperatura ambiente e fino a 769 °C è stabile la **forma α** , ferromagnetica, con un reticolo cristallino cubico centrato ; tra 769 e 910 °C è stabile la **forma β** , che ha lo stesso reticolo ma non è più ferromagnetica; tra 910 e 1390 °C è stabile la **forma γ** con reticolo cubico a facce centrate e tra 1390 °C e il punto di fusione è stabile la **forma δ** , con reticolo simile a quello della forma α .
- Inoltre il ferro ha la proprietà di magnetizzarsi quando è sottoposto ad un campo magnetico.

ALLOTROPIA DEL FERRO

Il ferro puro , al variare della temperatura , si presenta in quattro forme allotropiche, diverse per la disposizione degli atomi nel reticolo cristallino :

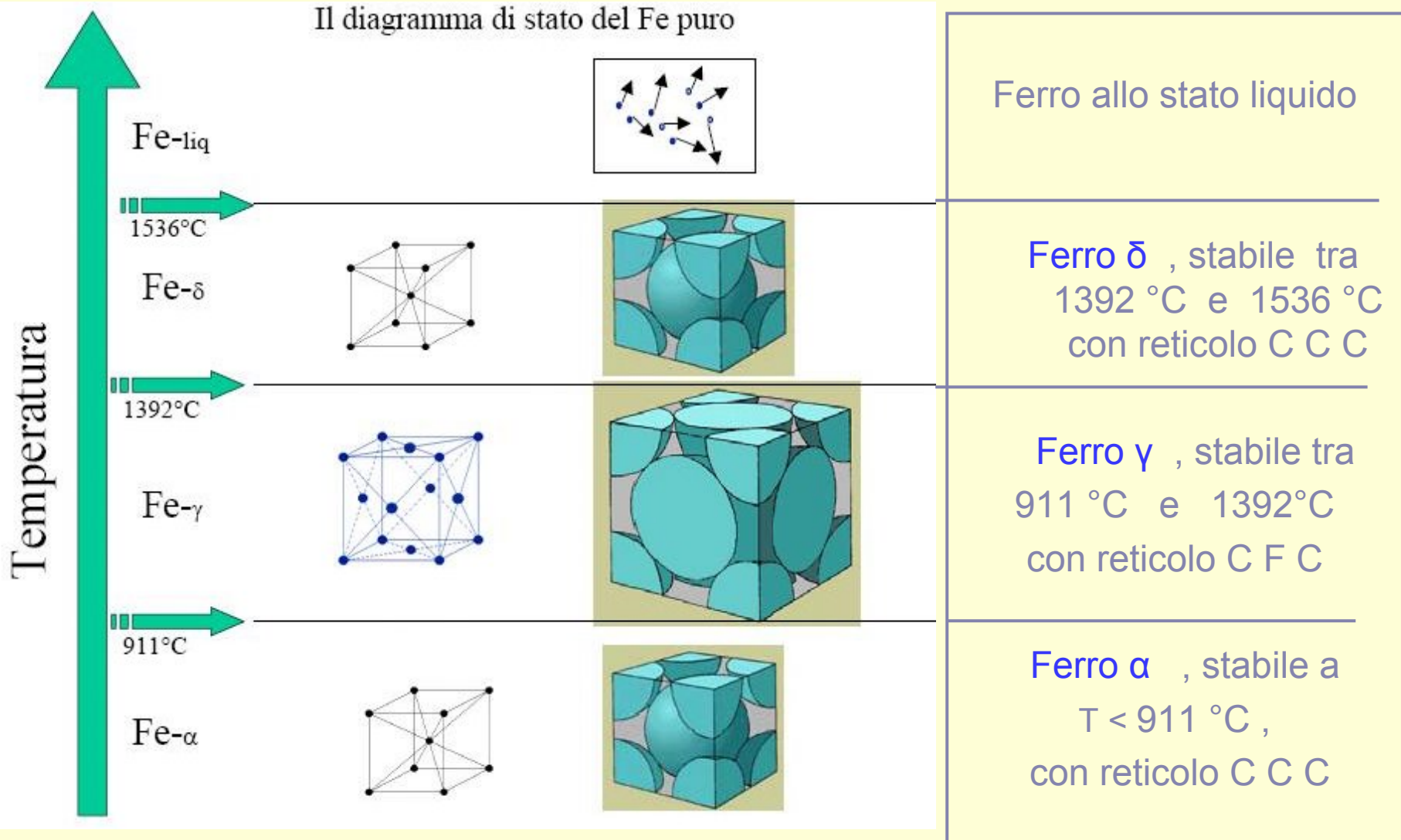
- ferro α , stabile a temperature inferiori a $769\text{ }^{\circ}\text{C}$, con reticolo C C C;
- ferro β , stabile tra $769\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $911\text{ }^{\circ}\text{C}$, con reticolo C C C
- ferro γ , stabile tra $911\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $1392\text{ }^{\circ}\text{C}$, con reticolo C F C
- ferro δ , stabile a temperature da $1392\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $1536\text{ }^{\circ}\text{C}$ con reticolo C C C

La capacità del ferro di accogliere nel suo reticolo atomi di carbonio rende possibile la fabbricazione delle cosiddette leghe ferrose ossia della ghisa e dell'acciaio , note fin dall'antichità.

Intervallo Temperatura	Forma Stabile	Tipo Cella	Caratteristiche
$20 < t < 911\text{ }^{\circ}\text{C}$	ferro α ferro β	C C C	Solubilità per il Carbonio Molto bassa
$911 < t < 1392\text{ }^{\circ}\text{C}$	ferro γ	C F C	Solubilità per il Carbonio Elevata
$1392 < t < 1536\text{ }^{\circ}\text{C}$	ferro δ	C C C	Solubilità per il Carbonio Bassa

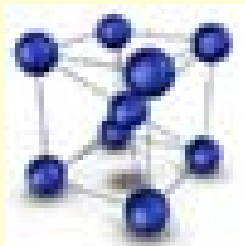
Diagramma di stato del Fe

Il diagramma di stato del Fe puro



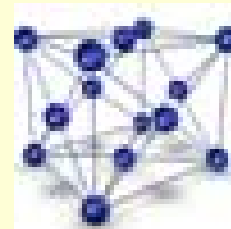
LA TEMPRA DELL'ACCIAIO

- ❖ In un acciaio riscaldato ad elevata temperatura, per effetto di un brusco raffreddamento la struttura tenta di modificarsi da CCC a CFC, ma non riesce ad espellere gli atomi di carbonio
- ❖ La struttura assume le dimensioni di CCC con all'interno gli atomi di carbonio, deformandosi
- ❖ Il reticolo è molto resistente all'usura ed ha elevata durezza, ma meccanicamente fragile



CCC:

Sino a 900 °C

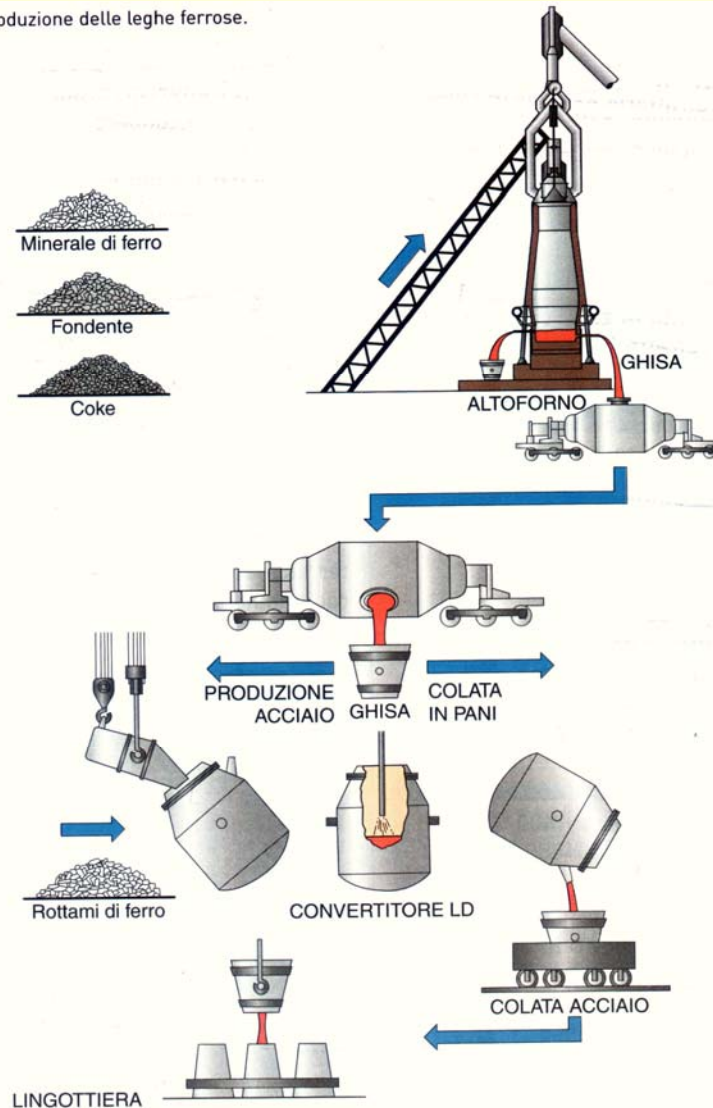


CFC:

Da 900 a 1400 °C

PRODUZIONE GHISA E ACCIAIO

Processo di produzione delle leghe ferrose.





TIPI DI GHISA

- ❖ **GHISA di 1^a fusione** : si ottiene dall'altoforno e contiene elevate percentuali di carbonio (%C da 4 a 6 %)
- ❖ **GHISA di 2^a fusione** : si ottiene rifondendo in apposito forno , la ghisa di prima fusione , con aggiunta di rottami di ferro ed altri elementi ; si possono ottenere vari tipi ghisa

GHISA BIANCA : il carbonio è sotto forma di Cementite Fe_3C

GHISA LAMELLARE : il carbonio è sotto forma di Grafite Lamellare


GHISA SFEROIDALE : il carbonio è sotto forma di Grafite Sferoidale





CLASSIFICAZIONE DELLE GHISE

In base al modo in cui si presenta il carbonio, le ghise possono essere divise in :

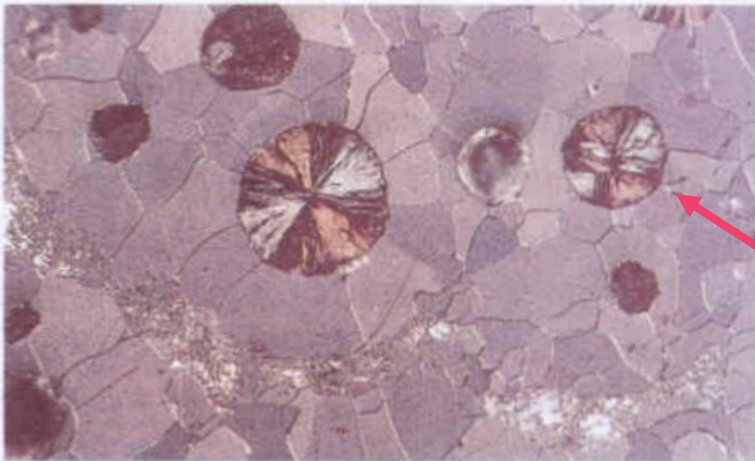
- Ghise bianche : il carbonio è sotto forma di cementite Fe_3C
 - Ghise grigie : il carbonio è sotto forma di grafite lamellare o sferoidale
 - Ghise malleabili : il carbonio si presenta sotto forma di “ fiocchi “
- 

MICROGRAFIE DELLA GHISA



● GHISA LAMELLARE

Nota le lamelle di grafite



● GHISA SFEROIDALE

Nota le sfere di grafite

MICROGRAFIA DELLA GHISA



Sfere di grafite




Fiocchi di grafite






PROPRIETA' DELLA GHISA

- Elevata durezza
 - Resistenza all'usura ed all'ossidazione
 - Elevata resistenza a compressione
 - Ottima colabilità
 - Elevata fragilità
 - Bassa resilienza
 - Non può subire lavorazioni plastiche
 - Può essere lavorata alle M.U.
- 



PROPRIETA' DELLA GHISA

- Temp . di fusione 1300 °C
 - Resistenza a trazione 100-800 N/mm²
 - Resistenza a compres. 400-900 N/mm²
 - Durezza Brinnell 150-400 HB
 - Allungamento a rottura nullo
 - Resilienza bassa
- 




Ghisa grigia a grafite sferoidale UNI 4544-79

- Tale ghisa grigia ha la caratteristica di avere la grafite in forma sferoidale che determina capacità di deformazione plastica, anche se minima. Data la sua tenacità e resistenza all'usura è adatta a produrre ruote dentate, guide di macchine utensili e bielle per motori.
 - La designazione inizia con le lettere GS (Ghisa Sferoidale) seguita da un primo numero che rappresenta il carico mi-nimo garantito alla rottura per trazione, e un secondo numero che rappresenta il valore della deformazione plastica che può subire
 - **GS 400-12**
ghisa sferoidale (GS) con carico di rottura minimo garantito di 400 N/mm² e allungamento percentuale A pari al 12%.
 - **GS 600-2**
ghisa sferoidale (GS) con carico di rottura minimo garantito di 600 N/mm² e allungamento percentuale A pari 2 %
-




Ghisa grigia per getti ordinari UNI 5007-69

- E' una ghisa grigia, di largo impiego , avente le seguenti caratteristiche
 - la sezione di frattura di colore grigio per la presenza di grafite in forma lamellare;
 - non è soggetta a deformazione plastica;
 - è in grado di assorbire le vibrazioni.
 - Per tali caratteristiche serve nella produzione di basamenti di macchine utensili, scatole per riduttori e cambi. La designazione inizia con la lettera G (Ghisa) seguita da un numero che rappresenta il carico minimo garantito alla rottura per trazione.
 - **G 100**
ghisa grigia (G) con carico di rottura minimo garantito di 100 N/mm².
 - **G 245**
ghisa grigia (G) con carico di rottura minimo garantito di 245 N/mm².
- 



Ghisa grigia non legata per uso automobilistico UNI 5330-69


- La ghisa grigia non legata serve nella produzione di parti di motori a combustione interna come i cilindri e organi soggetti a sbalzi di temperatura.
 - La designazione inizia con le lettere Gh (Ghisa hard-ness = durezza) seguite da un numero che rappresenta la durezza Brinell minima garantita.
 - **Gh 130**
ghisa per uso automobilistico (Gh) con durezza Brinell minima garantita pari a 130 punti.
 - **Gh 210**
ghisa per uso automobilistico (Gh) con durezza Brinell minima garantita pari a 210 punti.
- 



Ghise malleabili UNI 3779-69


- Le ghise malleabili sono molto simili all'acciaio e sono impiegate nella produzione di manicotti e raccordi di tubazioni per acqua, alberi a gomito per motori a combustione interna etc. Sono ottenute con due processi particolari, quello europeo e quello americano.
 - Il processo europeo ha lo scopo di decarburare la ghisa privandola di carbonio, cosicché la sezione di frattura risulti di colore bianco. Le ghise ottenute con il processo europeo si dicono ghise malleabili bianche.
 - Il processo americano ha lo scopo di decomporre il carburo di ferro della ghisa di partenza, in grafite. La sezione di frattura risultante sarà di colore nero. Le ghise ottenute con il processo americano, si dicono ghise malleabili nere.

 - **GMB 450**
ghisa malleabile a cuore bianco con carico di rottura minimo garantito di 450 N/mm².

 - **GMN 350**
ghisa malleabile a cuore nero con carico di rottura minimo garantito di 350 N/mm².
- 



TIPI DI ACCIAIO

- ❖ **ACCIAI SEMPLICI** : 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%
- 

CLASSIFICAZIONE degli ACCIAI

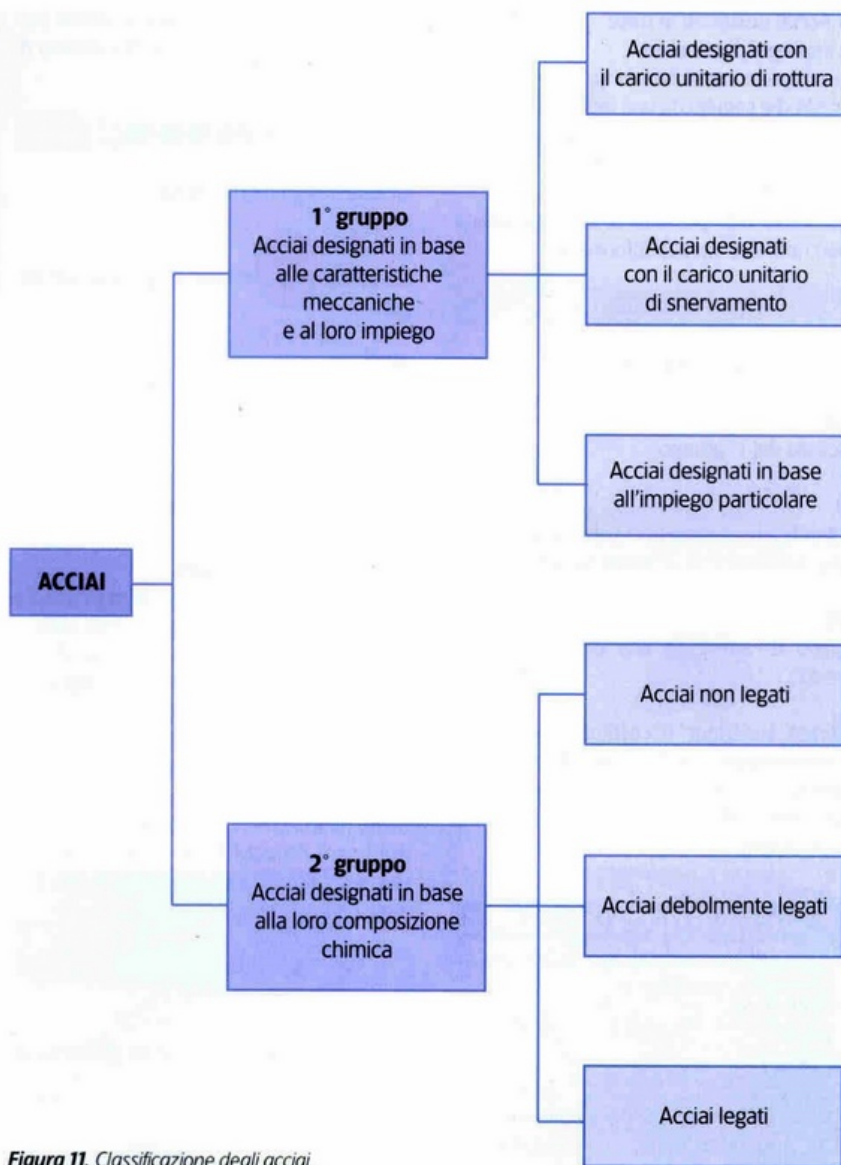


Figura 11. Classificazione degli acciai.

● Esempio : Fe 360

● Esempio : Fe B 44 k

● Esempio : Fe PO4

● Esempio : C 40

● Es. 38 Ni Cr Mo 7

● Es. X 8 Cr Ni 18 12



PROPRIETA' DEGLI ACCIAI

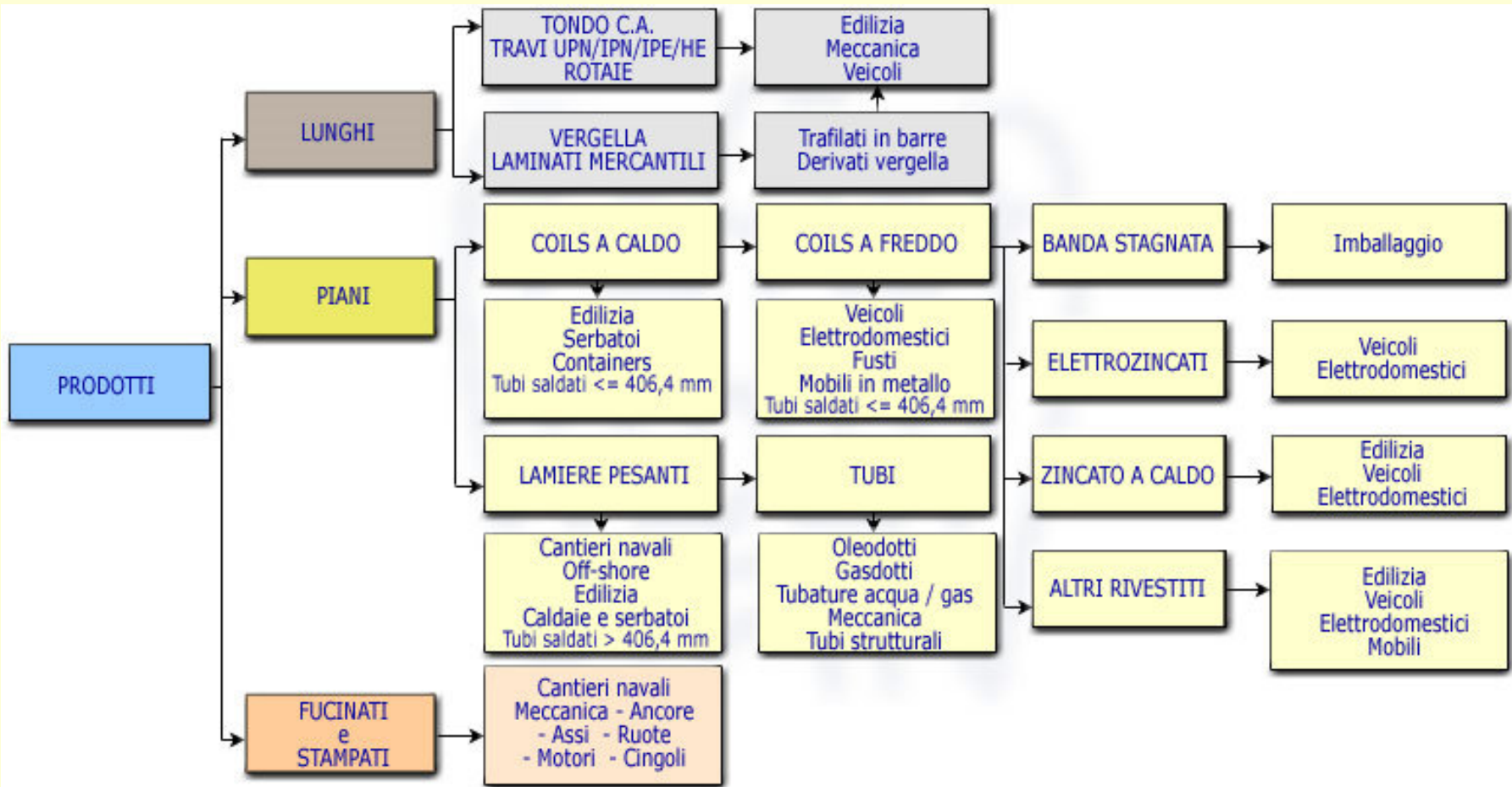
- ELEVATA RESISTENZA A TRAZIONE E COMPRESSIONE
- BUONA RESILIENZA
- DISCRETA COLABILITA'
- OTTIMA LAVORABILITA alle macchine utensili
- OTTIMA PLASTICITA'
- OTTIMA SALDABILITA'

Occorre notare che le proprietà di un acciaio dipendono da molti fattori quali percentuale di carbonio , trattamenti termici , altri elementi di lega . In pratica si fabbricano numerosi tipi di acciai , ognuno adatto per un particolare scopo (acciaio inox, acciaio per molle, acciaio per utensili , acciaio per cuscinetti , ecc.)

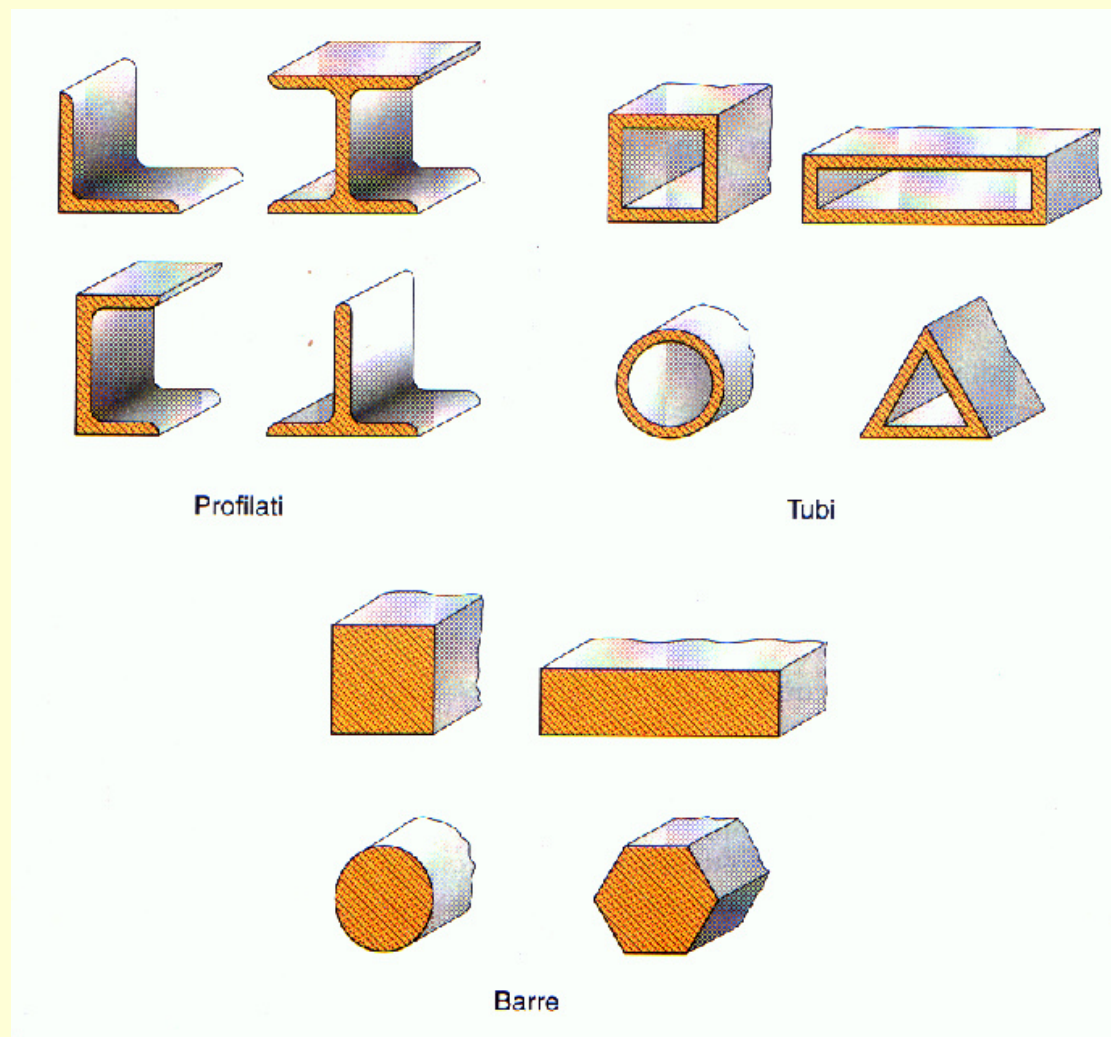


I SEMILAVORATI DI ACCIAIO

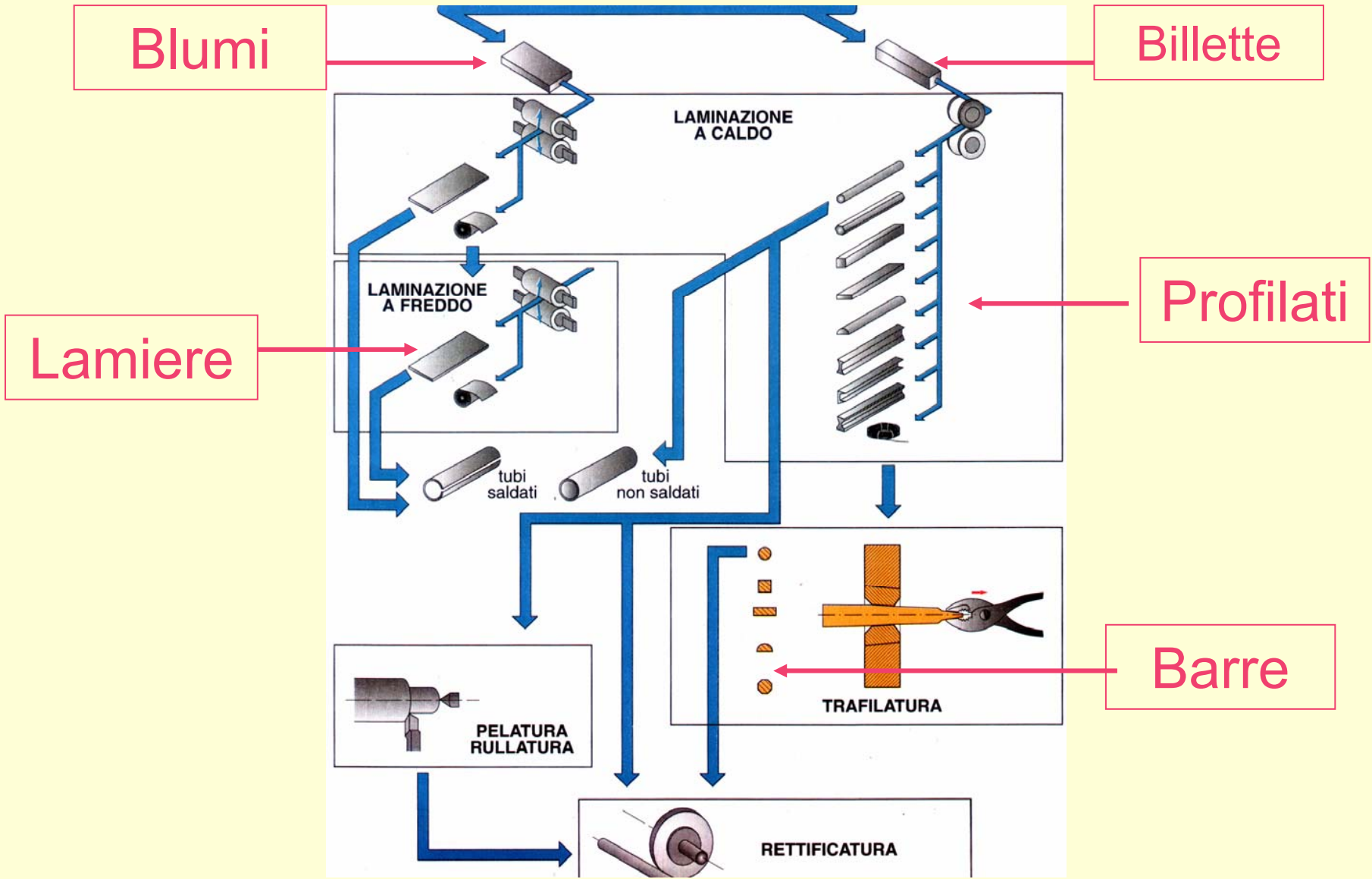
I prodotti acciaio reperibili in commercio si possono dividere in :
Lunghi ; Piani ; Fucinati e Stampati



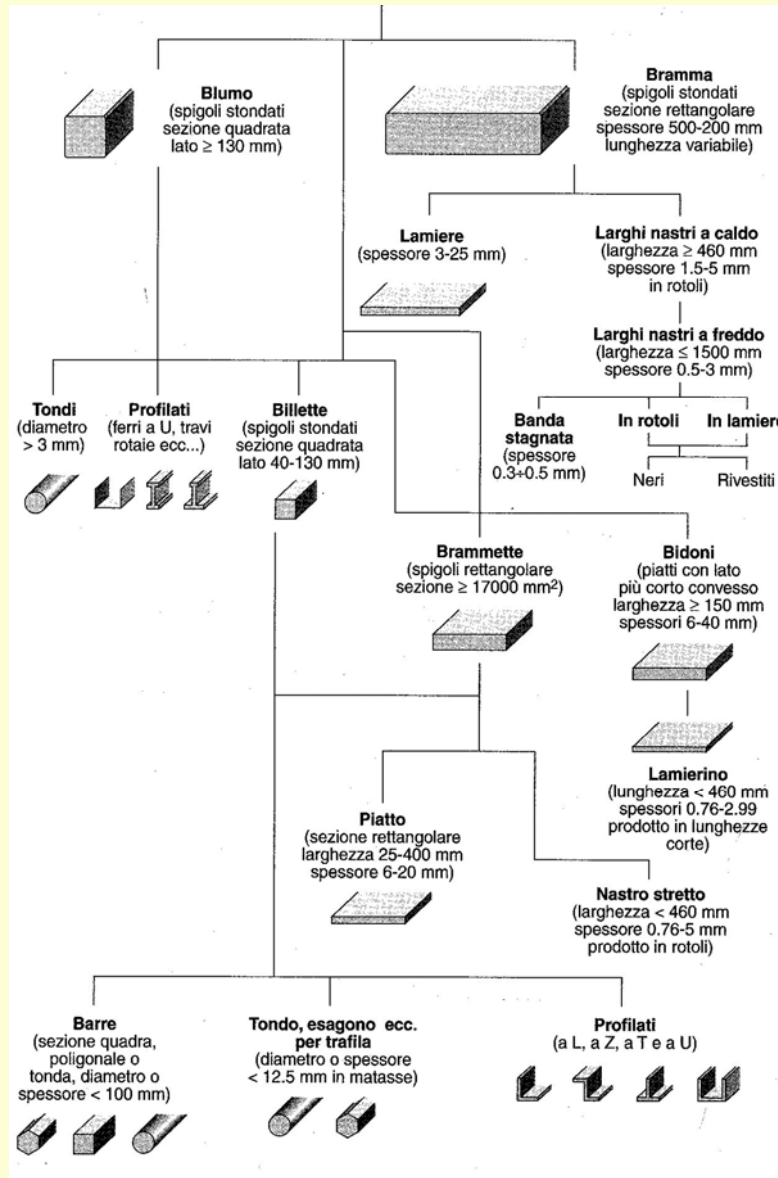
SEMILAVORATI ACCIAIO



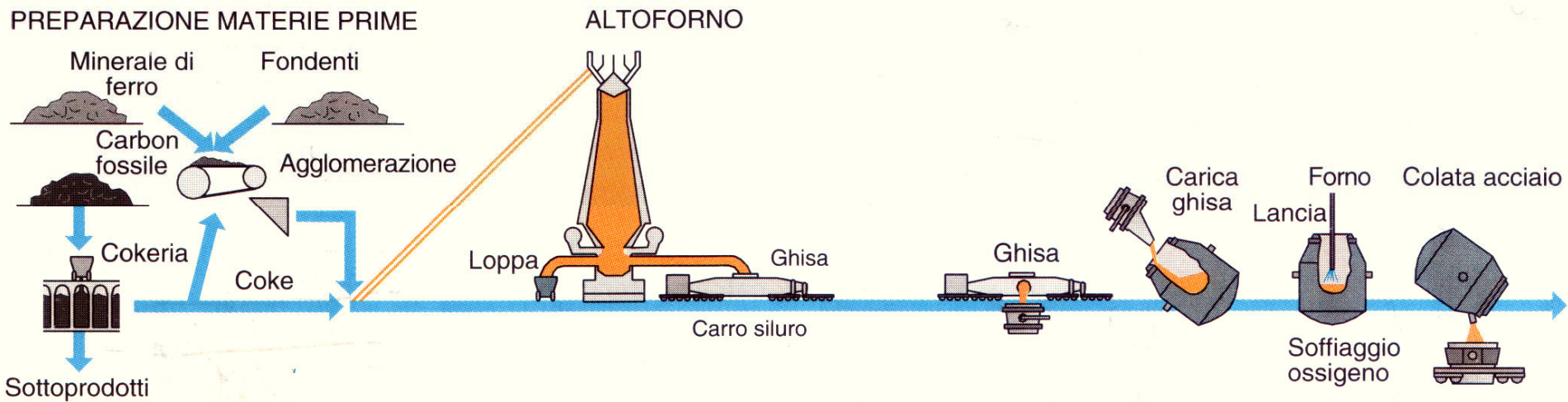
SCHEMA LAMINAZIONE SEMILAVORATI ACCIAIO



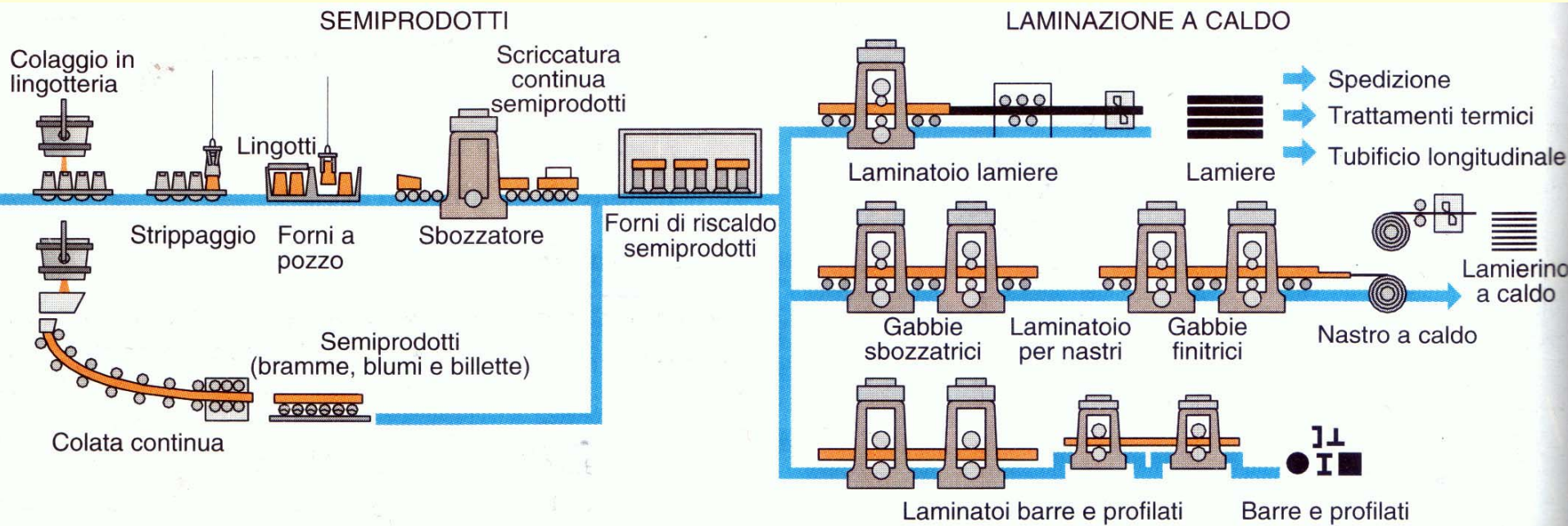
SCHEMA PRODOTTI LAMINAZIONE



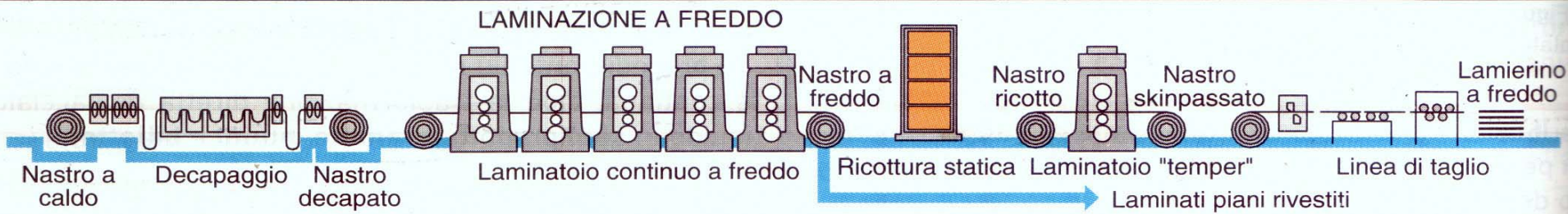
FABBRICAZIONE ACCIAIO



IMPIANTI LAMINAZIONE A CALDO




IMPIANTI LAMINAZIONE A FREDDO






ACCIAI PER L'INDUSTRIA

- Acciai per strutture metalliche
 - Acciai da bonifica
 - Acciai da cementazione
 - Acciai da nitrurazione
 - Acciai per cuscinetti
 - Acciai automatici
 - Acciai superrapidi da utensili
 - Acciai inossidabili
- 




Acciaio da bonifica UNI EN 10083

- Questi acciai servono alla costruzione di ruote dentate, alberi di trasmissione, alberi a gomito, perni, rulli, assali etc. Contengono dallo 0,25% allo 0,6% in peso di carbonio
 - Dopo aver subito un particolare trattamento termico essi presentano una struttura interna capace di conferire all'acciaio le migliori caratteristiche di tenacità.
 - Sono usati per costruire organi meccanici sottoposti a sollecitazioni dinamiche e soprattutto di fatica.
 - **C 40**
acciaio al solo carbonio o non legato con 0,4% in peso di carbonio; ciò significa che 100 Kg di questo acciaio contengono 0,4 Kg di carbonio . Usato per pezzi di piccola taglia.
 - **39 Ni Cr Mo 3**
acciaio debolmente legato con lo 0,39% in peso di carbonio , 0,75% (3/4) in peso di nichel (Ni), non meno dello 0,25% in peso di cromo (Cr) e non meno dello 0,10% in peso di molibdeno (Mo). Usato per pezzi di media e grande taglia.
- 




Acciai da cementazione UNI 7846-78

- Il termine cementazione non è molto corretto anche se ormai universalmente accettato; per essere precisi si dovrebbe usare il termine "carbocementazione" o "cementazione carburante". Questi acciai servono a costruire ruote dentate, alberi di distribuzione, perni, rulli, boccole, spinotti etc.
 - Dato che contengono meno dello 0,2% in peso di carbonio essi possono accogliere altro carbonio nella loro superficie per una profondità fino a 2 mm.
 - Dopo aver subito un particolare trattamento termico essi presentano una superficie indurita mentre il cuore dell'acciaio mantiene ancora caratteristiche di tenacità. La superficie indurita resiste bene all'usura e all'azione di forze concentrate.
-
- **C 16**
acciaio al solo carbonio o non legato con lo 0,16% in peso di carbonio; ciò significa che 100 Kg di questo acciaio contengono 0,16 Kg di carbonio. Usato per pezzi di piccola taglia.
 - **18 Ni Cr Mo 5**
acciaio debolmente legato con 0,18% in peso di carbonio , 1,25% (5/4) in peso di nichel (Ni), non meno dello 0,25% in peso di cromo (Cr) e non meno dello 0,10% in peso di molibdeno (Mo). Usato per pezzi di media e grande taglia.
- 




Acciai da nitrurazione UNI 8077-80

- Questi acciai sono impiegati per costruire ruote dentate, alberi di distribuzione, perni, rulli, boccole, spinotti, alberi a camme etc. Dato che contengono circa lo 0,4% in peso di carbonio essi sono sostanzialmente degli acciai da bonifica. Riescono ad accogliere, nella loro superficie, azoto per una profondità fino a 0,5 mm.
 - L'azoto reagisce con l'alluminio (Al) il cromo (Cr) e il ferro (Fe) producendo dei composti superficiali molto duri chiamati nitruri od azoturi. Dopo aver subito questo trattamento termochimico tali acciai presentano una superficie indurita mentre nel cuore mantengono ancora caratteristiche di tenacità.
 - La superficie indurita resiste molto meglio all'usura della superficie degli acciai carbocementati, ma non resiste altrettanto bene all'azione di forze concentrate.
 - **30 Cr Mo 12**
acciaio debolmente legato con lo 0,30% in peso di carbonio, il 3% (12/4) in peso di cromo (Cr) e non meno dello 0,10% in peso di molibdeno (Mo).
 - **41 Cr Al Mo 7**
acciaio debolmente legato con lo 0,41% in peso di carbonio, l'1,75% (7/4) in peso di cromo (Cr), non meno dello 1% in peso di alluminio (Al) e non meno dello 0,10% in peso di (Mo).
- 



Acciai per cuscinetti UNI 3097-75

- Questi acciai sono realizzati per costruire cuscinetti a rotolamento a sfera e a rulli conici e cilindrici.
 - **100 Cr 6**
acciaio debolmente legato con l'1% in peso di carbonio, ciò significa che 100 Kg di questo acciaio contengono 1 Kg di carbonio e l'1,5% (6/4) in peso di cromo (Cr). Usato per cuscinetti di piccola taglia.
 - **100 Cr Mn 4**
acciaio debolmente legato con l'1% in peso di carbonio, l'1% (4/4) in peso di cromo (Cr) e non meno dell' 1 % in peso di manganese (Mn). Usato per cuscinetti di media e grande taglia.
- 

Acciai automatici UNI 5105-63

- Questi acciai si usano per le lavorazioni meccaniche ad alta velocità alle macchine utensili perchè contengono piombo (Pb) e zolfo (S).
- Il piombo infatti riduce l'attrito di scorrimento del truciolo sul petto dell'utensile poiché fonde, a causa della temperatura raggiunta durante la lavorazione, mentre lo zolfo frammenta il truciolo evitando l'intervento dell'operatore. Se il truciolo non si frammentasse, l'operatore dovrebbe liberare il mandrino autocentrante e il pezzo in lavorazione dai trucioli che vi si aggrovigliano attorno.
- **9 S Mn 23**
acciaio debolmente legato con lo 0,09% in peso di carbonio, lo 0,23% (23/100) in peso di zolfo (S), non meno dell' 1% in peso di manganese (Mn).
- **18 S Mn Pb 10**
acciaio debolmente legato con lo 0,18% in peso di carbonio, lo 0,1% (10/100) in peso di zolfo (S), non meno dello'1% in peso di manganese (Mn) e non meno dello 0,15% in peso di piombo (Pb).

Acciai superrapidi UNI 2955-82

- Questi acciai si chiamano superrapidi perchè contengono cobalto (Co) e sono impiegati per produrre utensili atti alla lavorazione con macchine utensili come frese e punte a forare con **alte velocità di taglio**. Sono acciai legati e perciò la loro sigla inizia con la lettera X .
- **X 80 W Co V 18 10 1 KU**
acciaio legato con lo 0,80% in peso di carbonio, il 18% in peso di tungsteno (W), il 10% in peso di cobalto (Co) ed 1 % in peso di vanadio (V) , con attitudine (K) a formare utensili (U).
- **X 148 W V Co Mo 12 05 05 1 KU**
acciaio legato con l' 1,48% in peso di carbonio, il 12% in peso di tungsteno (W), il 5% in peso di vanadio (V), il 5% in peso di cobalto (Co) ed 1 % in peso di molibdeno (Mo) , con attitudine (K) a formare utensili (U).



Acciai inossidabili UNI 8317-81

- Questi acciai trovano impiego nella produzione di pentolame, posateria, ferri chirurgici e nell'industria alimentare. La inossidabilità deriva dalla presenza di almeno il 12% di cromo (Cr). Infatti il cromo reagisce con l'ossigeno dell'aria formando una pellicola superficiale di ossido di cromo; questa pellicola è molto compatta e protegge da ulteriore ossidazione il materiale sottostante.
 - Pertanto si capisce che non è corretto dire che questi acciai non sono attaccati dall'ossigeno ; quindi l'esatta definizione di questi acciai è: acciai resistenti al calore e alla corrosione e non acciai inossidabili, anche se quest'ultima dicitura è oramai universalmente utilizzata.
Sono acciai legati poiché la loro sigla inizia con la lettera X.
 - **X 5 Cr Ni 18 10**
acciaio legato con lo 0,05% in peso di carbonio, il 18% in peso di cromo (Cr), il 10% in peso di nichel (Ni). Sulla posateria ed il pentolame questo acciaio viene indicato con la sigla 18/10.
 - **X 8 Cr Ni 18 12**
acciaio legato con lo 0,08% in peso di carbonio, il 18% in peso di cromo (Cr), il 12% in peso di nichel (Ni). Sulla posateria ed il pentolame questo acciaio viene indicato con la sigla 18/12
- 