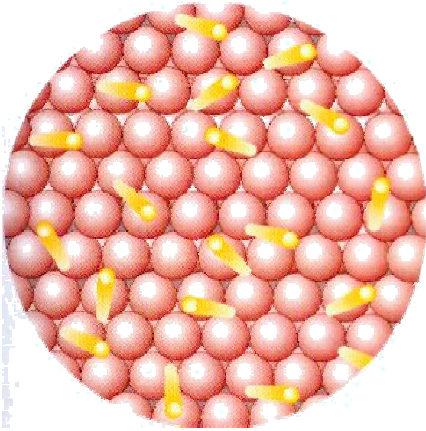


Metalli



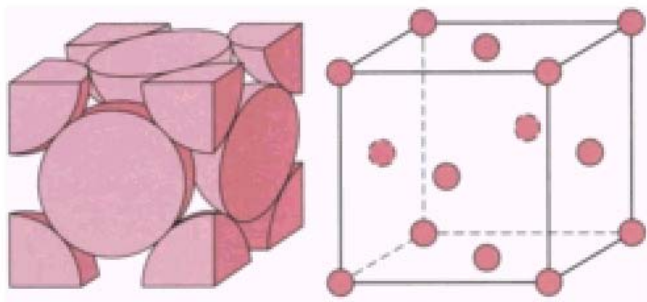
Il legame metallico può essere rappresentato da un reticolo di ioni positivi immersi in elettroni delocalizzati liberi di muoversi all'interno del reticolo

Gli elettroni, carichi negativamente, attraggono gli ioni positivi e tengono insieme i nuclei, garantendo la stabilità della struttura

Caratteristiche del legame metallico	Proprietà del materiale
Legami forti	Punti di ebollizione e di fusione molto alti
	Alta densità
	Non solubilità
Legami non direzionati	Duttili
	Malleabile
Elettroni delocalizzati	Buoni conduttori di calore ed elettricità
	Opacità e lucentezza

Metalli

La maggior parte dei metalli sono riconducibili a tre strutture cristalline.

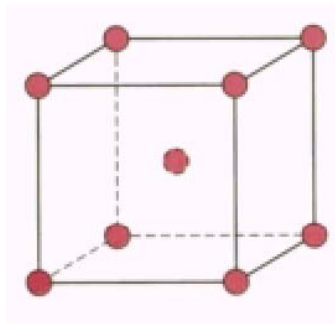


← Cubica a facce centrate

$$\text{N.C.} = 12 \quad \text{APF} = 0,74$$

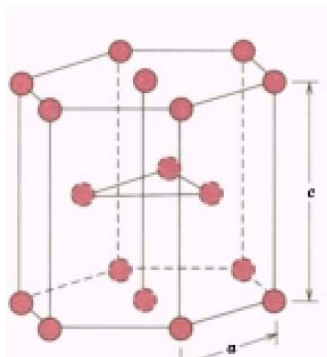
Cubica a corpo centrato →

$$\text{N.C.} = 8 \quad \text{APF} = 0,68$$



← Esagonale compatto

$$\text{N.C.} = 12 \quad \text{APF} = 0,74$$



Metalli

Table 3.1 Atomic Radii and Crystal Structures for 16 Metals

<i>Metal</i>	<i>Crystal Structure^a</i>	<i>Atomic Radius^b</i> (nm)	<i>Metal</i>	<i>Crystal Structure</i>	<i>Atomic Radius</i> (nm)
Aluminum	FCC	0.1431	Molybdenum	BCC	0.1363
Cadmium	HCP	0.1490	Nickel	FCC	0.1246
Chromium	BCC	0.1249	Platinum	FCC	0.1387
Cobalt	HCP	0.1253	Silver	FCC	0.1445
Copper	FCC	0.1278	Tantalum	BCC	0.1430
Gold	FCC	0.1442	Titanium (α)	HCP	0.1445
Iron (α)	BCC	0.1241	Tungsten	BCC	0.1371
Lead	FCC	0.1750	Zinc	HCP	0.1332

^a FCC = face-centered cubic; HCP = hexagonal close-packed; BCC = body-centered cubic.

Leghe Metalliche

Le **leghe metalliche** sono miscele di metalli o di metalli e non-metalli che solidificando presentano proprietà metalliche.

Sono ottenute generalmente a partire dai metalli allo stato fuso e poi raffreddando con cautela.

Le leghe hanno spesso proprietà diverse dai suoi componenti

- Le proprietà non variano linearmente con la composizione

- Permettono di ottenere proprietà specifiche o ottimizzare un insieme di proprietà.

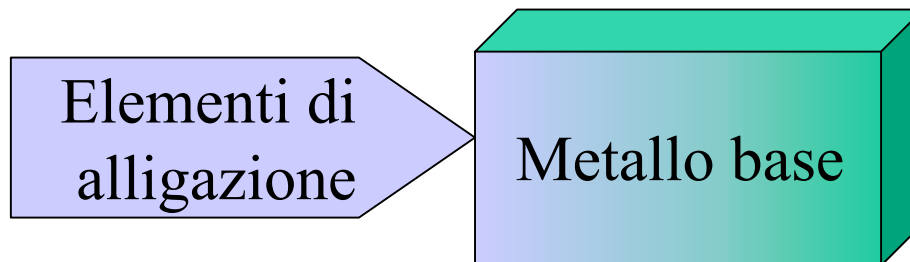
Leghe Metalliche

Metallo base = elemento in maggiore quantità (“Lega di piombo”
Lega di Ferro”, “Lega di rame”)

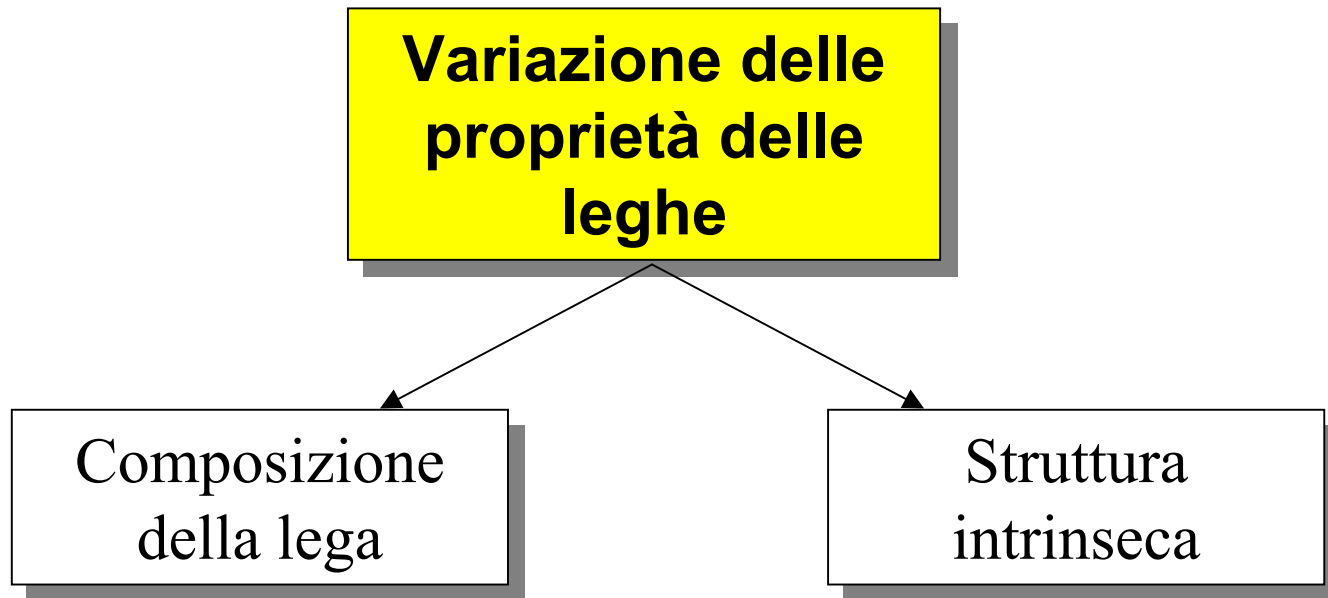
Elementi di alligazione = Elementi secondari che contribuiscono
alle caratteristiche della lega.

Vengono appositamente studiati e dosati

Non sono da confondere con le impurezze



Leghe Metalliche



Leghe Metalliche

Struttura delle leghe

Soluzioni solide:

Gli atomi degli elementi coesistono nella stessa struttura cristallina

Cristalli di sostituzione o interstiziali

Limiti di miscibilità

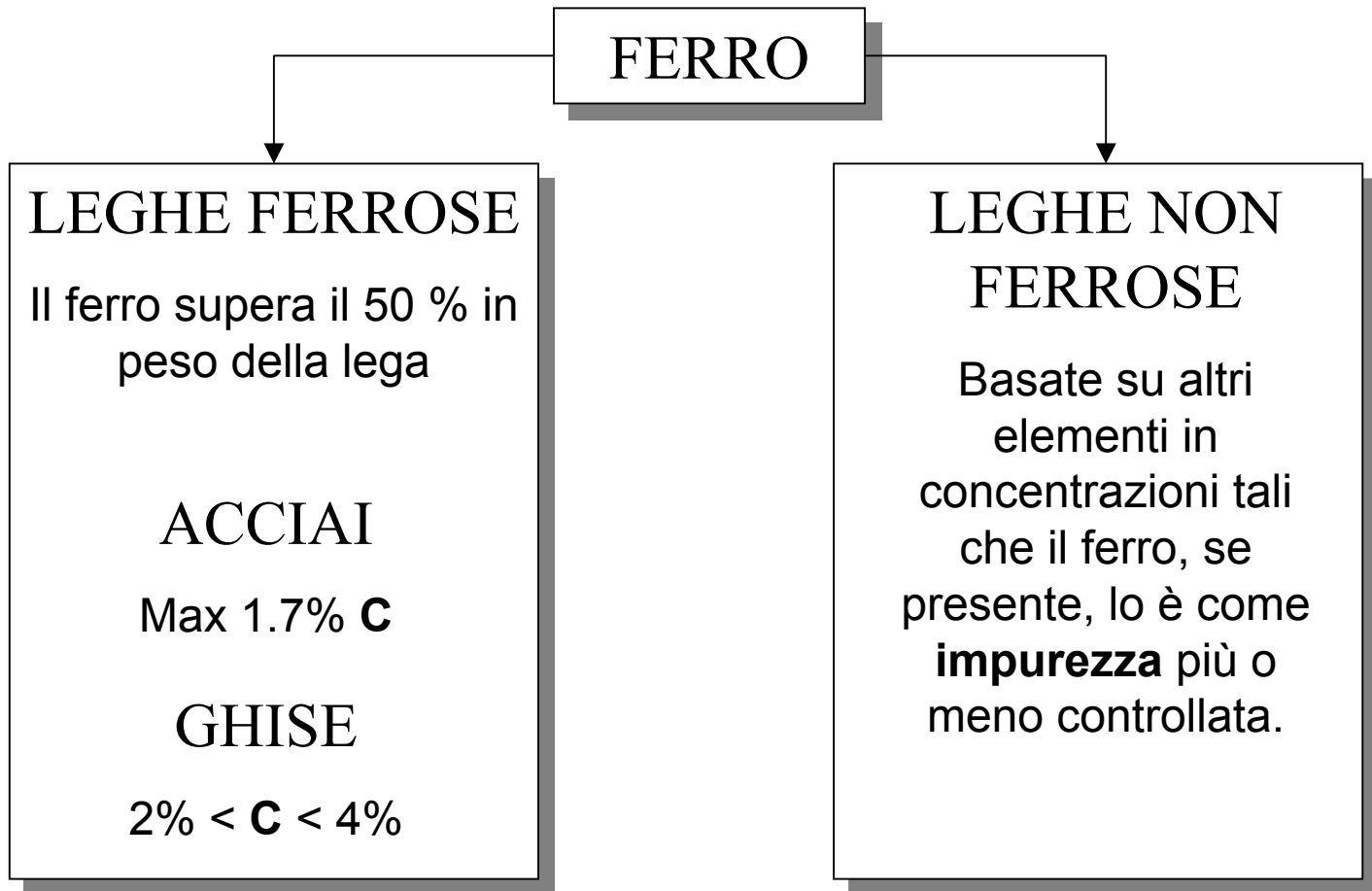
Composti intermetallici:

Cristalli di composizione definita e costante che non seguono le regole delle valenze (es. Cu_3Al , Ag_5Cd_8)

Miscele meccaniche:

Miscele eterogenee di cristalli di elementi, soluzioni solide o composti intermetallici

Ferro, Acciai e Ghise



Ferro, Acciai e Ghise

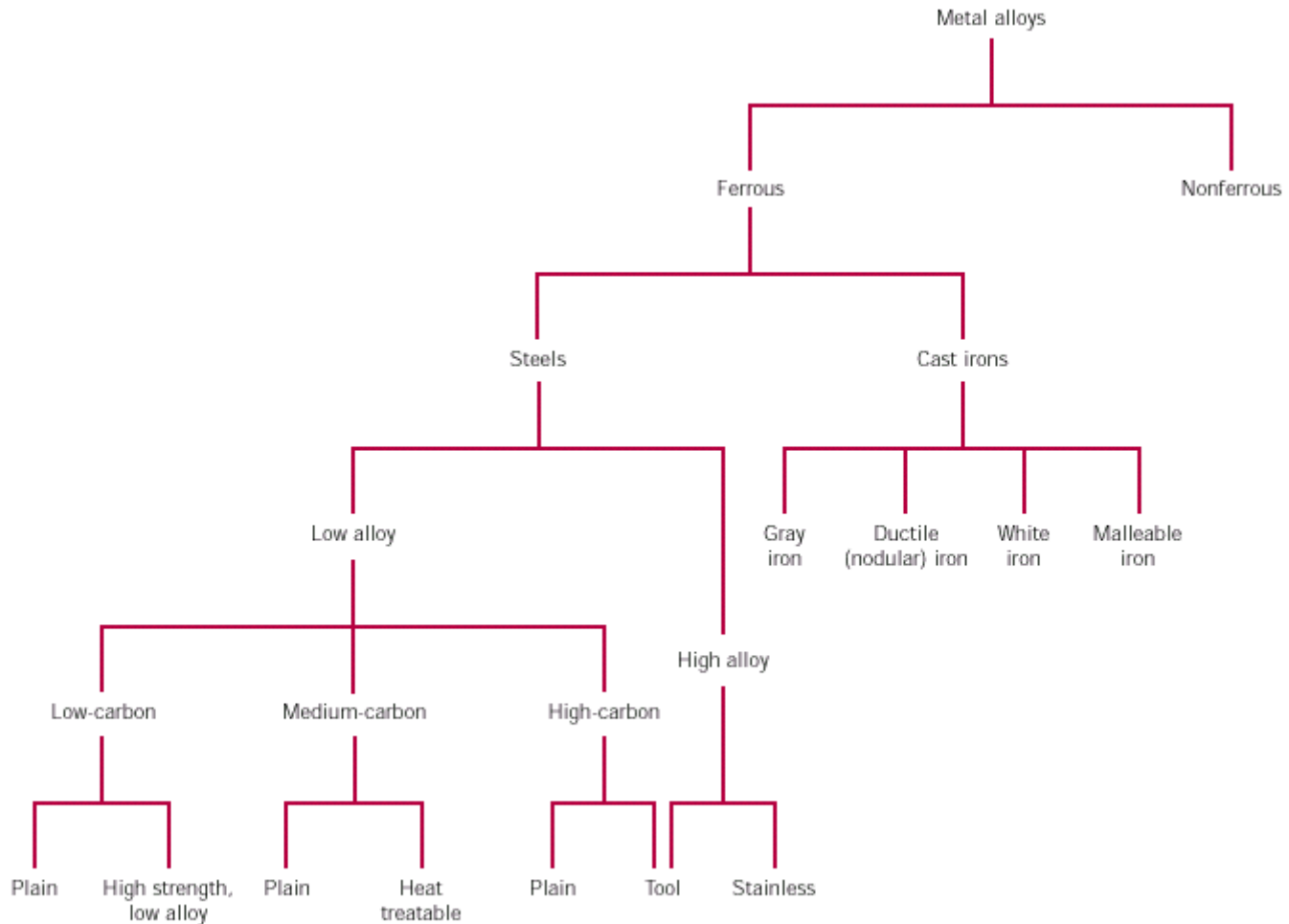


FIGURE 13.1 Classification scheme for the various ferrous alloys.

Ferro, Acciai e Ghise

Il ferro è il quarto elemento in ordine di abbondanza, costituisce il 5.1% della crosta terrestre ed è contenuto in quantità variabile in quasi tutte le rocce della litosfera.

Allo **stato elementare** (Fe) si trova sulla terra nelle **meteoriti** (sideroliti) e come corpo del **nucleo terrestre**, di solito accompagnato da altri metalli in lega (nickel e cobalto).

Il ferro nativo di origine terrestre è **piuttosto raro** e contiene cobalto (1-2 %)

I minerali utili nell'estrazione del ferro sono

ossidi

Ematite (Fe_2O_3) Magnetite (Fe_3O_4) Limonite ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) Carbonato di Ferro (FeCO_3).

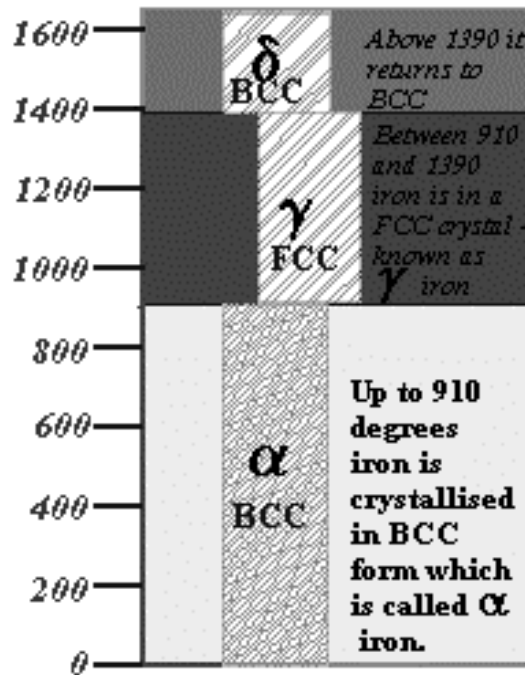
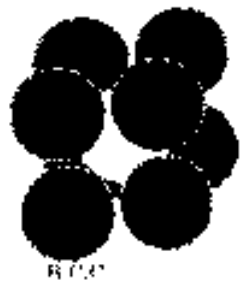
solfuri

Pirite (FeS) Marcasite Pirrotina

Allotropia del Ferro

The Allotropy of Iron

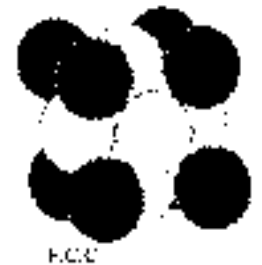
Iron changes its structure when heated. Iron has the ability to exist as BCC or FCC depending on the temperature. This ability is called the allotropy of iron



Forms Ferrite with Carbon.

Forms Austenite with Carbon

Forms Ferrite with Carbon.



α = alpha

γ = gamma

δ = delta

Allotropia del Ferro

La forma " α ", ferromagnetica, è stabile dalla temperatura ambiente fino a 760 °C (temperatura di transizione, detta "di Curie") al di sopra della quale, pur mantenendo la stessa struttura, perde la caratteristica della magnetizzazione permanente.

Perciò per un certo tempo, nei primi anni del '900, questa forma " α " non-ferromagnetica venne definita come forma " β ", stabile fino a 910°C

Da 910°C questa temperatura fino a 1390 °C è stabile la forma " γ " che si trasforma nella forma " δ " stabile, a sua volta, fino al punto di fusione a 1535 °C.

Il ferro liquido sussiste alla pressione di 1 atmosfera fino a 2862 °C che rappresenta la temperatura di ebollizione.

Acciaio

Acciaio

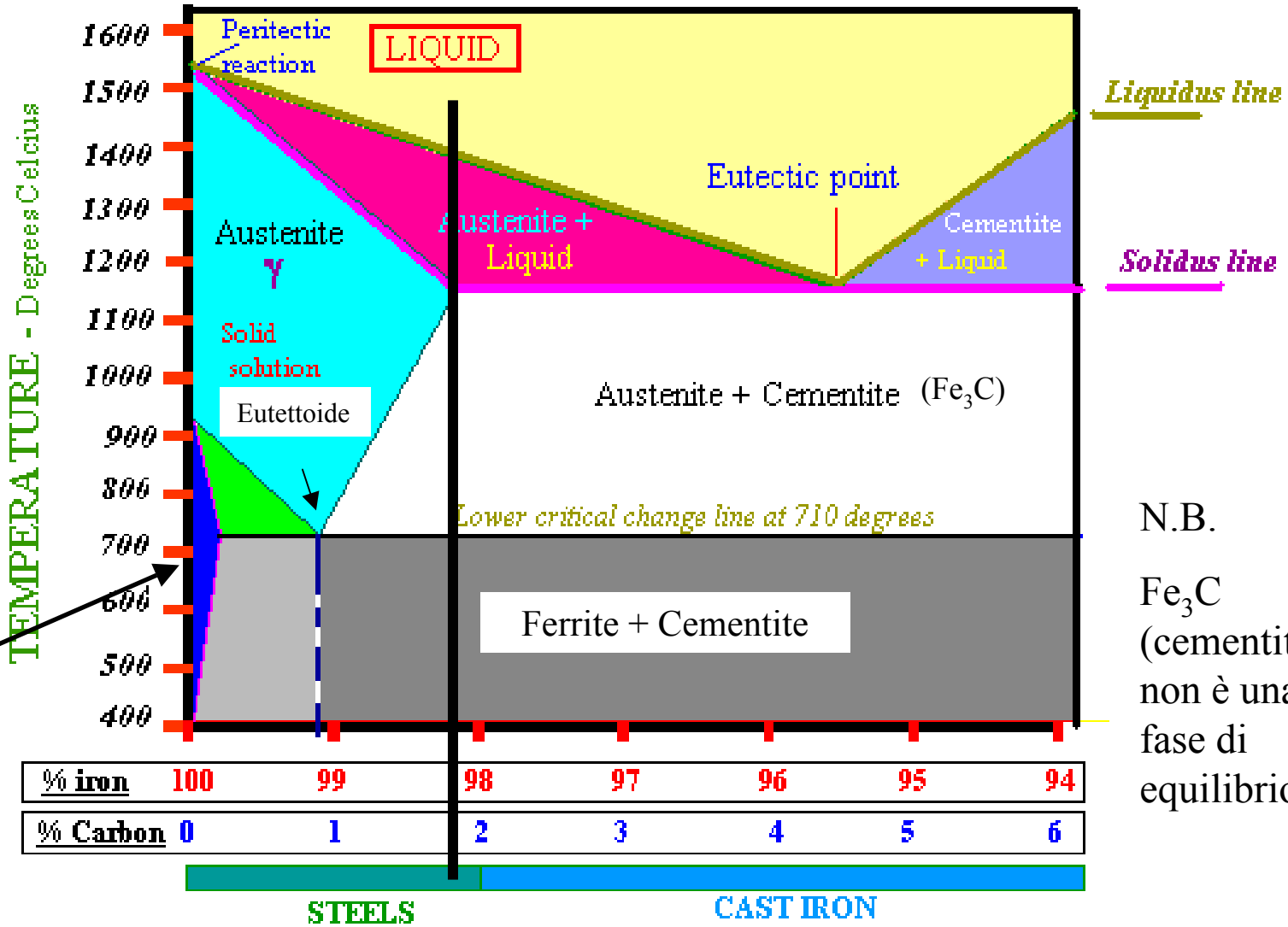
Lega di ferro e carbonio con tenore di carbonio inferiore all'1,8%.

Ghisa

Le leghe con una percentuale maggiore, fino al 6%

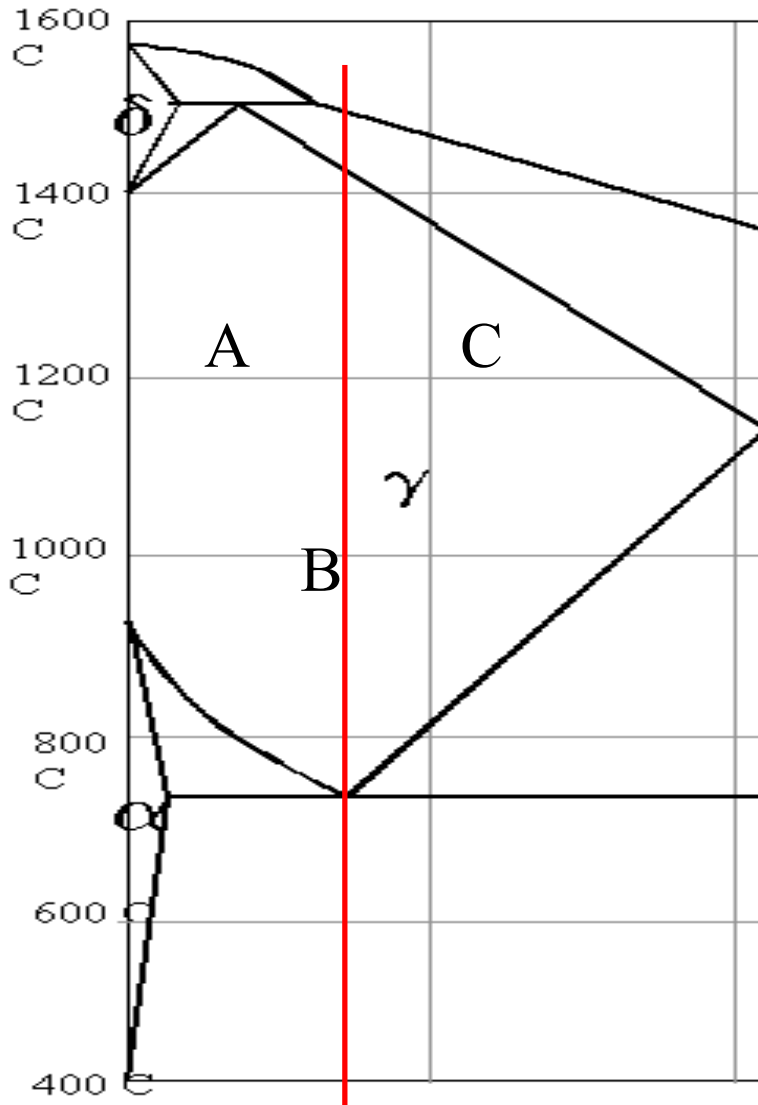
Molto spesso nell'acciaio sono presenti anche altri elementi, che hanno lo scopo di conferire al materiale proprietà particolari.

Tipologie di leghe

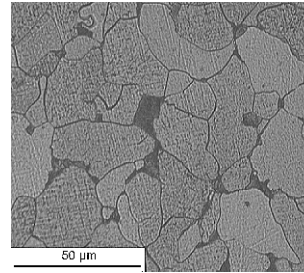


N.B.
 Fe₃C
 (cementite)
 non è una
 fase di
 equilibrio

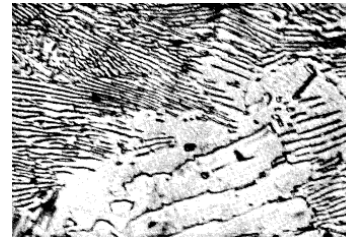
Tipologie di leghe



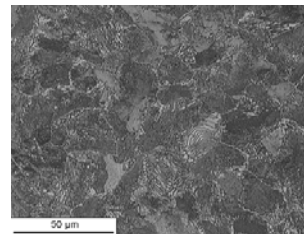
A – Acciai ipo-eutettoideici: $< 0.8\% \text{ C}$



B - Acciai eutettoideici: $0.8\% \text{ C}$



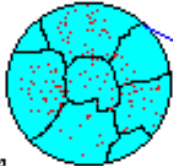
C - Acciai iper-eutettoideici: $> 0.8\% \text{ C}$



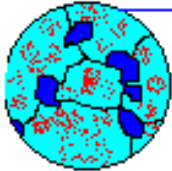
Tipologie di leghe

Changes that occur to a 0.4 % Carbon alloy upon cooling from 1000 degrees

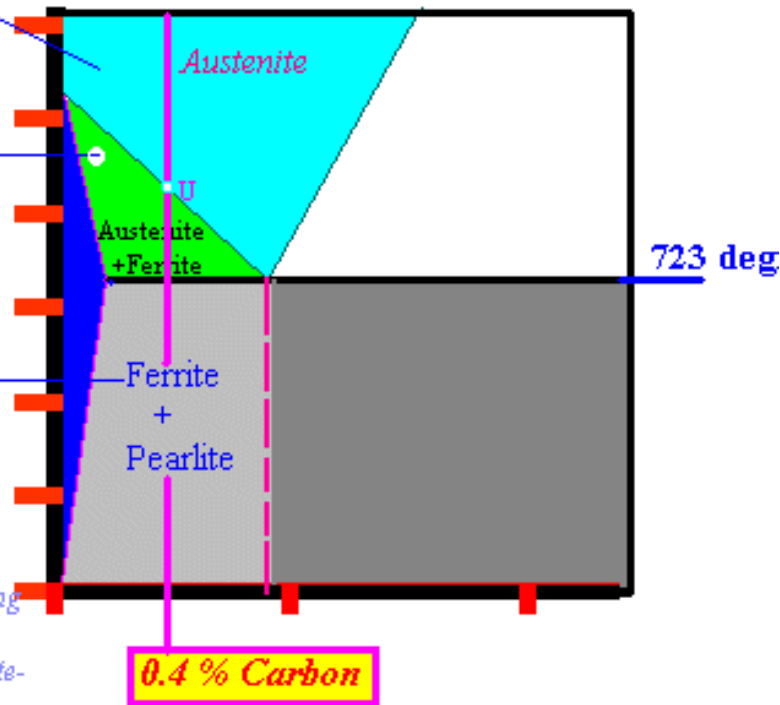
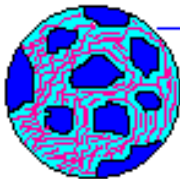
1
Austenite and carbon in a solid solution with the C atoms between the F.C.C lattice



2
At point U, austenite begins to change from its FCC structure to a BCC structure known as Ferrite. BCC structure has no room for C atoms so they all move into the remaining FCC structure



3
At 723 degrees the BCC ferrite has pushed all the Carbon into the remaining FCC austenite. At 723 degrees this carbon rich austenite changes to pearlite- which is a layered structure of ferrite to 1 part cementite (Fe₃C) As Cementite has 1 Carbon atom to 3 iron atoms, this is where the Carbon ends up



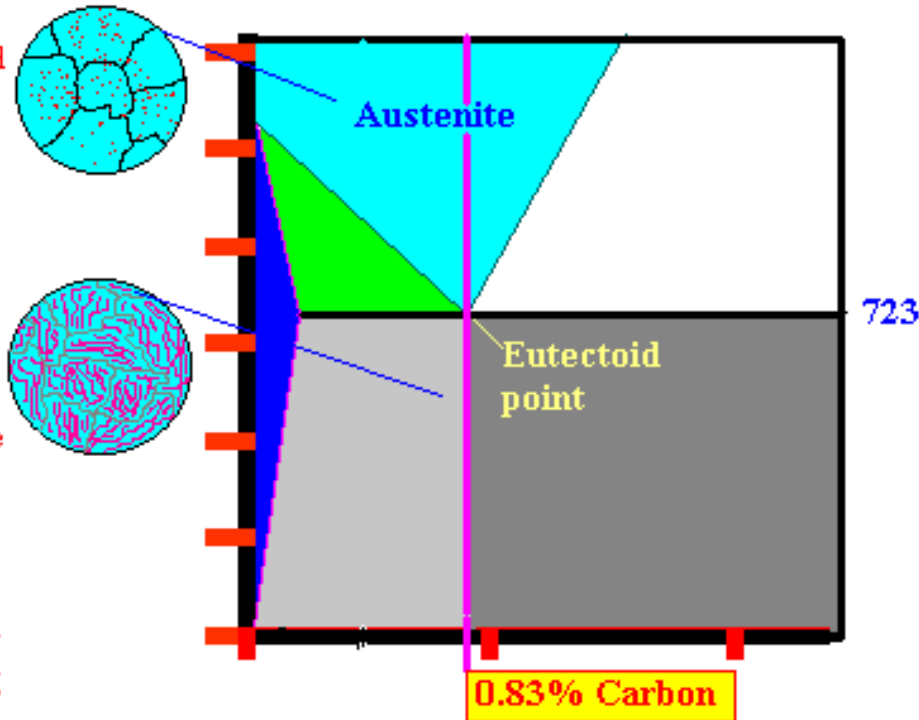
A – Acciai ipo-eutetoidici: < 0.8% C

Tipologie di leghe

Changes that occur in a 0.83 % Carbon alloy as it is cooled from 1000 degrees

Due to their being so much Carbon dissolved in the FCC austenite structure the BCC Ferrite cannot begin to form.

Below 723 deg, the excess Carbon is taken into the cementite (Fe_3C) as the cementite grows in thin layers. It draws the Carbon from all around it allowing the austenite to form Ferrite. This ends up a Lamellar structure with with alternate layers of Ferrite and Cementite in the ratio of 7 parts ferrite to one part Cementite (Fe_3C).



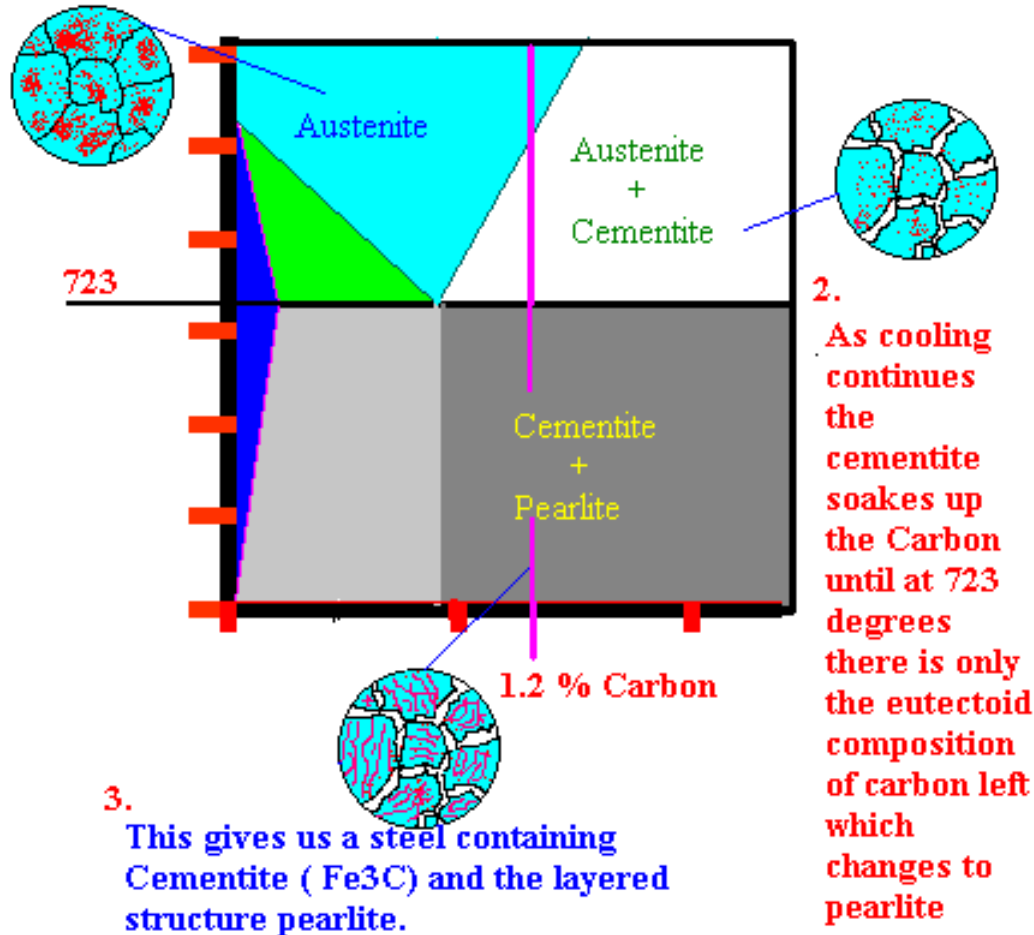
B - Acciai
eutetoidici: 0.8% C

Si forma una miscela
eutettica chiamata
Perlite

Tipologie di leghe

Changes that occur in a 1.2 % Carbon alloy as it is cooled from 1000 degrees

C - Acciai iper-eutetoidici: $> 0.8\% \text{ C}$



1. 1.2 % Carbon is dissolved in a solid solution of FCC austenite

2. As cooling continues the cementite soaks up the Carbon until at 723 degrees there is only the eutectoid composition of carbon left which changes to pearlite

3. This gives us a steel containing Cementite (Fe_3C) and the layered structure pearlite.

Produzione

Minerali di ferro ottenuti scavando miniere sotterranee o a cielo aperto

La metallurgia del ferro è essenzialmente una metallurgia di riduzione dove l'agente riduttore fondamentale utilizzato in siderurgia è l'ossido di carbonio CO

La trasformazione del minerale di ferro in ferro metallico, o meglio in una lega di ferro e carbonio chiamata ghisa, ha luogo nell'alto forno.

L'alto forno è un forno a tino di grandi dimensioni: 8-10 metri di diametro massimo, 30 e più metri di altezza.

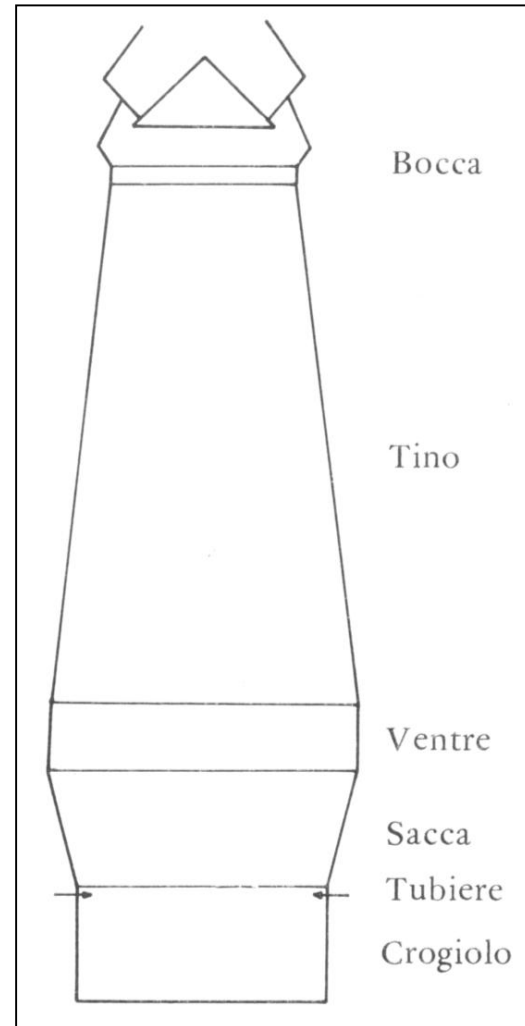
Sono presenti anche 3 o 4 scambiatori di calore, usati per preriscaldare l'aria, alti circa come il forno.

L'altoforno è mantenuto in funzione per 24 ore al giorno, per 7 giorni alla settimana.

Produzione

L'alto forno è sorretto da una robusta incastellatura esterna di acciaio su cui si scarica il peso della muratura refrattaria. Questa è rivestita nella sua quasi totalità da una lamiera di acciaio dello spessore di pochi millimetri, su cui scorre continuamente un velo di acqua di raffreddamento.

Il tino e la sacca sono in refrattario silico-alluminoso a tenore di allumina crescente a mano a mano si scende verso il basso; il crogiolo, e talvolta anche la parte inferiore della sacca, sono in refrattario grafítico.



Produzione

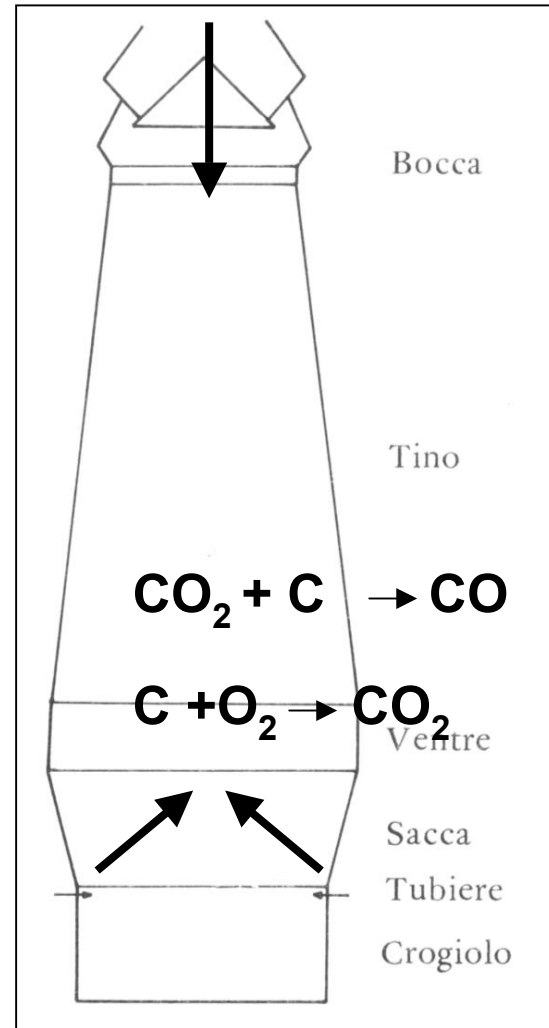
Dalla bocca, situata alla sommità del tino, viene introdotta la carica solida, costituita da strati alterni di

minerale di ferro

coke siderurgico

Fondente e scorificante

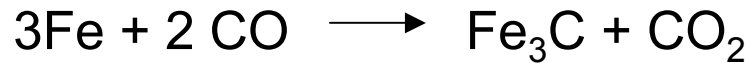
generalmente calcare



Produzione

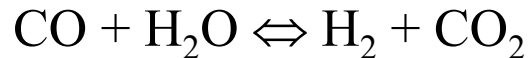


Wustite



Cementite

Formazione di idrogeno da CO e acqua:



Azione riducente dell'idrogeno



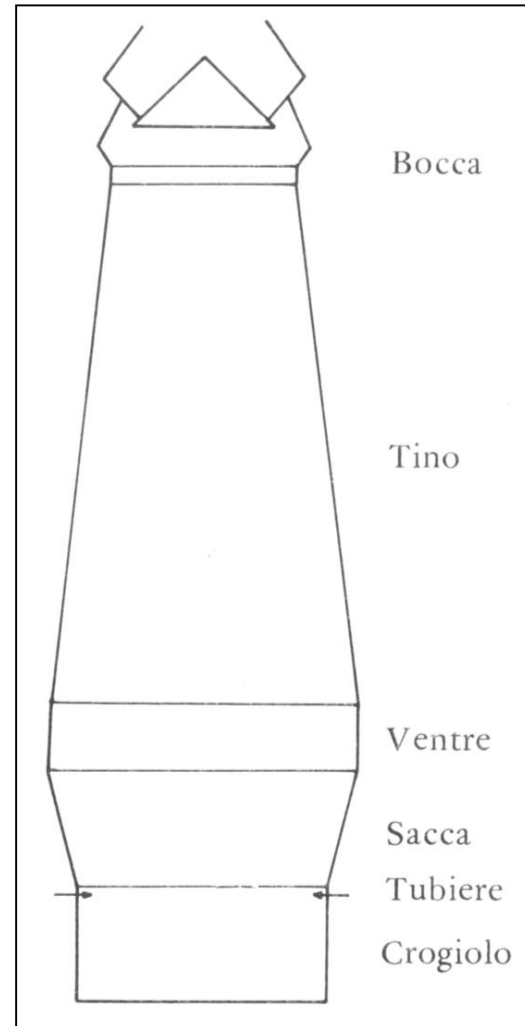
Produzione

Alla base del forno, il metallo fuso, raccolto nel crogiuolo, viene versato in secchioni di colata, o siviere, di capacità tale da contenerne 300 t.

Il ferro esce dal forno sotto forma di getto incandescente a 1500°C.

La quantità spillata ogni volta dipende dalle dimensioni del forno.

Nella parte inferiore del tino ha luogo anche la formazione della *scoria* o *loppa*



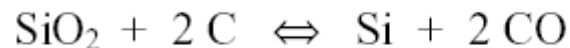
Produzione

Il prodotto dell' altoforno è la ghisa liquida, la cui composizione tipica può essere, in valori percentuali:

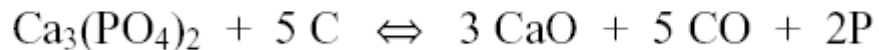
C 4.10 % Si 0.90 % Mn 0.35 % S 0.03 % P 0.35 %

Riduzione degli altri elementi che entrano nella composizione della ghisa

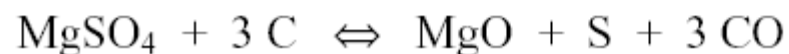
Origine del silicio dalla silice:



Origine del fosforo dai fosfati:



Origine dello zolfo dai solfati:



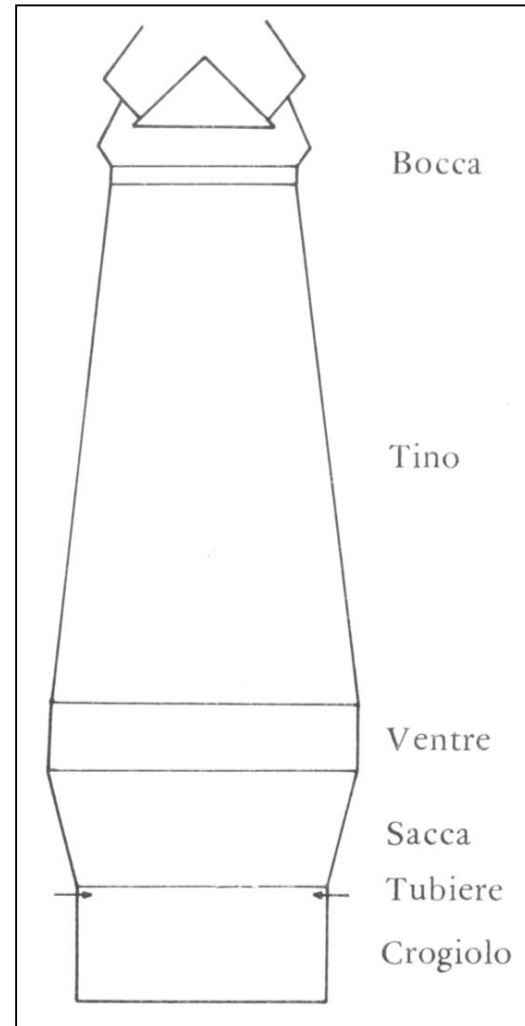
Produzione

Il ferro prodotto dall'altoforno contiene circa il **5% di carbonio** e risulta **troppo fragile** per molte applicazioni.

La maggior parte di questo carbonio deve essere rimosso e così pure piccole quantità di altri elementi, quali **fosforo, silicio e alluminio**, perché il materiale acquisti resistenza e flessibilità.

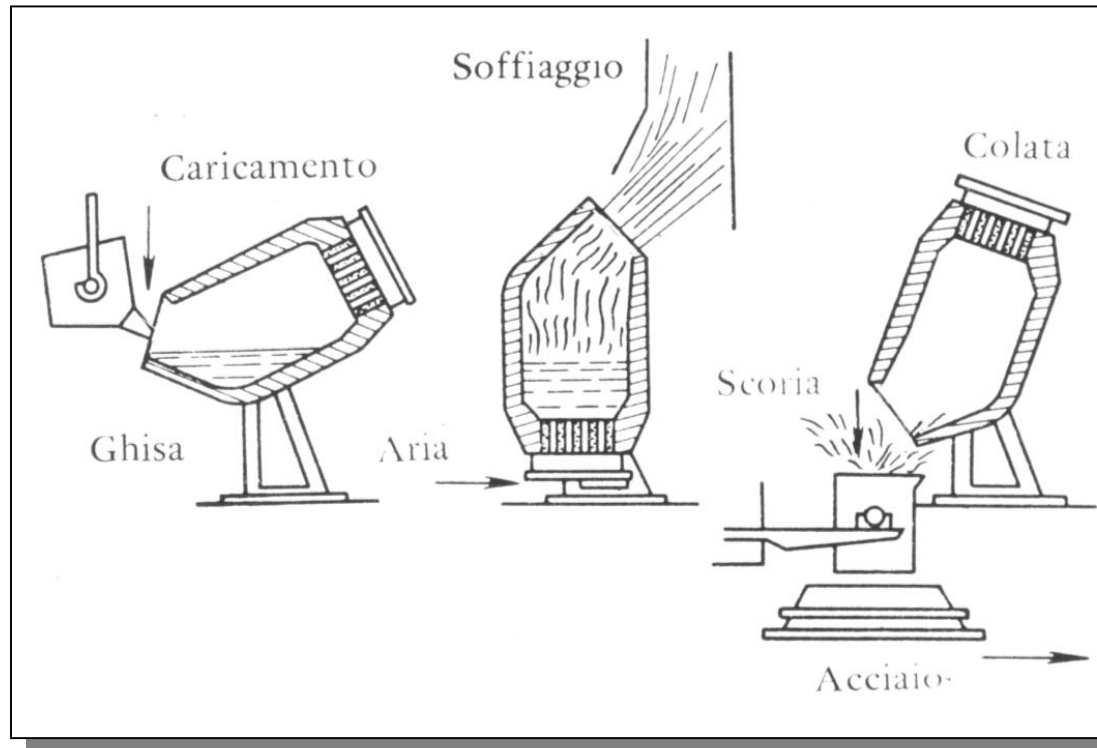
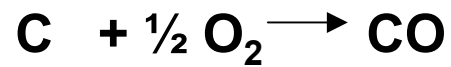
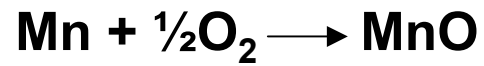
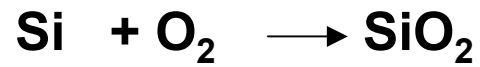
Il processo viene fatto attraverso

- Il processo **Bessemer**
- Il processo **Martin-Siemens**
- Il processo a **ossigeno**
- Il processo a **Forno elettrico**



Produzione

Il processo Bessemer



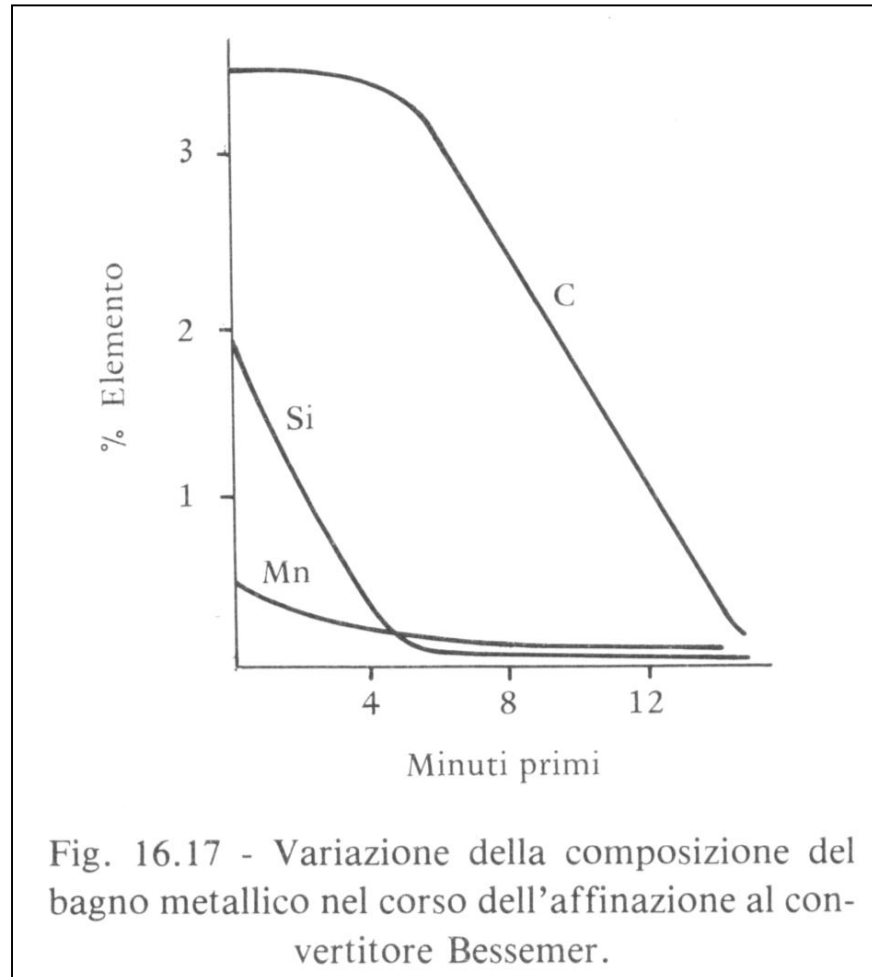
Produzione

Il processo Bessemer

Nel giro di 12-15 minuti silicio, manganese e carbonio sono quasi totalmente eliminati e si inizia l'ossidazione del ferro

L'operazione non è controllabile e si arriva sempre sino alla decarburazione pressochè totale.

Il bagno metallico finale contiene quantità tutt'altro che trascurabili di ossigeno disciolto. Bisogna di conseguenza procedere a una desossidazione e ricarburazione



Produzione

Il processo Bessemer

Non permettere l'eliminazione del fosforo.

La sua eliminazione dal bagno metallico è possibile solo in presenza di una scoria basica che blocchi l'anidride fosforica, a mano a mano essa si origina, sotto forma di composti a carattere salino (fosfati), non più facilmente riducibili.

Aggiunta di calce alla carica metallica, impossibile in un convertitore a rivestimento refrattario acido come il Bessemer.

Sino dal 1876 sono stati introdotti convertitori a rivestimento basico, detti **Thomas** del tutto analogo, sia nella costruzione, sia nel funzionamento, a un convertitore Bessemer, dal quale differisce solo per avere un rivestimento di refrattari magnesiaci con sopra una pigiata di dolomite calcinata.

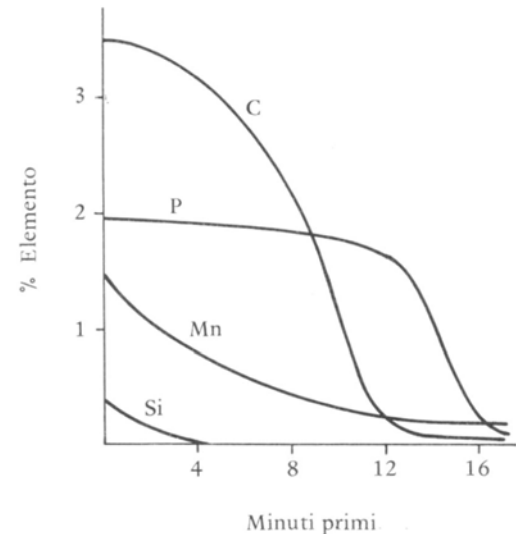


Fig. 16.18 - Variazione della composizione del bagno metallico nel corso dell'affinazione al convertitore Thomas.

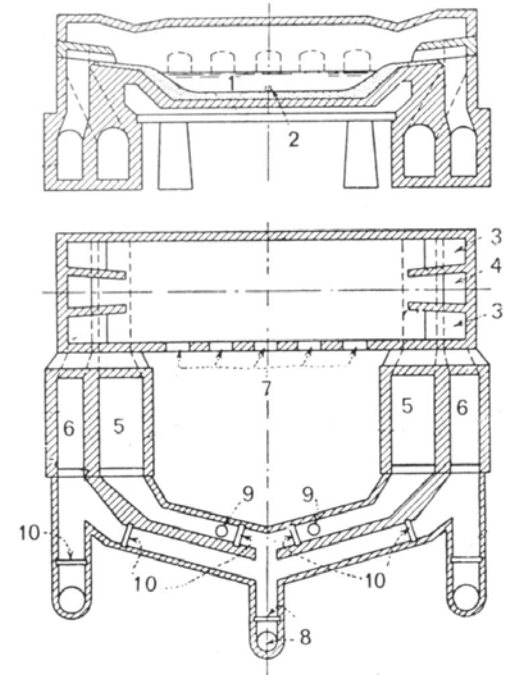
Produzione

Il processo Martin Siemens

La carica è costituita da ghisa fusa e da una grande quantità di rottami, e il combustibile, gas o gasolio, è alimentato da aperture presenti nelle pareti laterali del forno.

- 1) Usare una elevata quantità di rottami, fino all'80-90% della carica
- 2) Raffinare ferro ottenuto da minerali contenenti apprezzabili quantità di fosforo
- 3) Controllare l'acciaio durante la raffinazione mediante campionatura
- 4) Produrre acciaio meno fragile

L'affinazione avviene per ossidazione e per diluizione (rottami di ferro)



- | | |
|----------------------------|---------------------------|
| 1 Bagno metallico | 6 Ricuperatori per il gas |
| 2 Foro di colata | 7 Porte di caricamento |
| 3 Entrata aria | 8 Camino |
| 4 Entrata gas combustibile | 9 Entrata aria |
| 5 Ricuperatori per l'aria | 10 Valvole |

Fig. 16.20 - Forno Martin-Siemens alimentato a gas di gasogeno.

Produzione

Convertitore a ossigeno (processo L.D.).

L'ossidazione del bagno metallico è realizzata insufflando ossigeno sotto pressione attraverso una lancia introdotta verticalmente dall'alto al centro del convertitore.

Il rivestimento del convertitore è sempre basico (magnesite e, nei punti c[*i*] maggiore usura, dolomite calcinata) per poter trattare anche ghise fosforose.

Le reazioni chimiche che avvengono nel corso dell'affinazione sono quelle classiche dei convertitori ad aria. In questo caso però, non essendoci più da riscaldare anche l'azoto, si può fare uso di ghise di composizione assai variabile, anche relativamente povere di elementi termogeni.

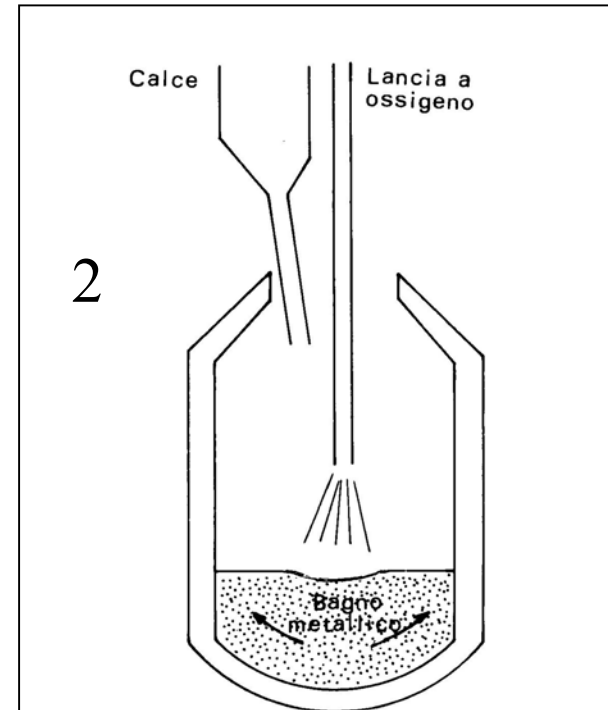


Fig. 16.19 - Rappresentazione schematica di un convertitore ad ossigeno.

Produzione

Convertitore a ossigeno (processo L.D.).

L'ossidazione del bagno metallico è realizzata insufflando ossigeno sotto pressione attraverso una lancia introdotta verticalmente dall'alto al centro del convertitore.

Tempo di raffinazione 45 minuti.

Il rivestimento del convertitore è sempre basico (magnesite e, nei punti a maggiore usura, dolomite calcinata) per poter trattare anche ghise fosforose.

Le reazioni chimiche che avvengono nel corso dell'affinazione sono quelle classiche dei convertitori ad aria. In questo caso però, non essendoci più da riscaldare anche l'azoto, si può fare uso di ghise di composizione assai variabile, anche relativamente povere di elementi termogeni.

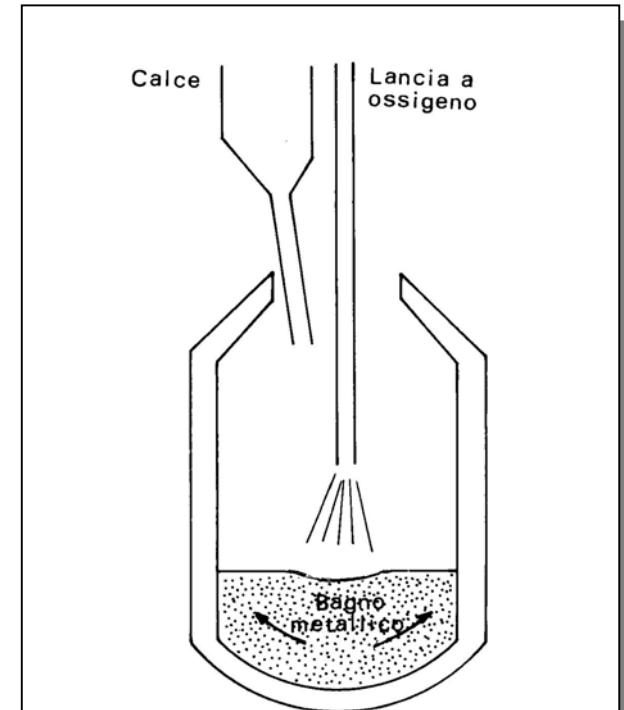


Fig. 16.19 - Rappresentazione schematica di un convertitore ad ossigeno.

Produzione

Il processo a Forno elettrico

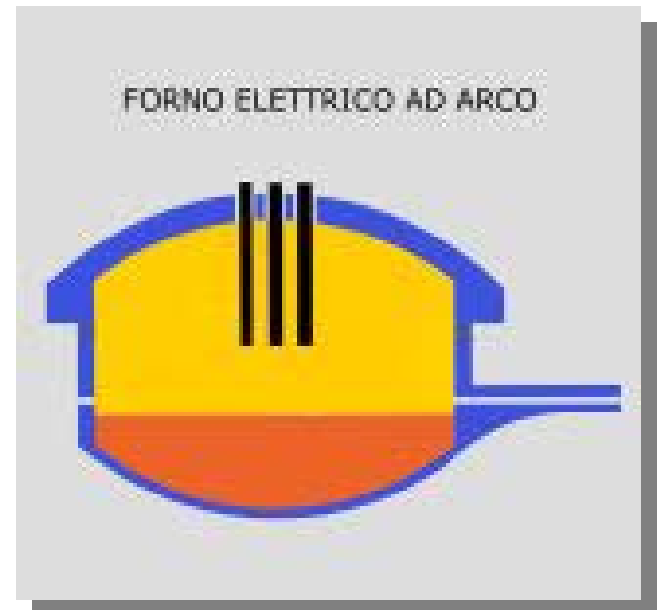
Come materiale di partenza si usano quasi esclusivamente rottami.

Elettrodi in grafite sono introdotti finché risultano a contatto con la massa di rottami. Alimentando gli elettrodi, si producono enormi quantità di calore, dato che le temperature nell'arco possono raggiungere i 3300°C.

Il calore provoca la fusione dei rottami e la produzione di acciaio nel giro di poche ore.

Migliore controllo del processo.

Utilizzato per produrre acciai di pregio



Produzione

Non appena l'acciaio fuso è colato dal forno in una siviera a una temperatura di 1600 C, viene sottoposto a uno dei seguenti due processi:

colata in lingottiere

L'acciaio fuso viene versato in forme per lingotti (lingottiere), e lasciato solidificare

colata continua.

Passaggio diretto dell'acciaio fuso dalla siviera ad un dispositivo che lo trasforma in un semilavorato, senza i passaggi intermedi di trasformazione in lingotto, preriscaldamento in fossa di permanenza, laminazione

