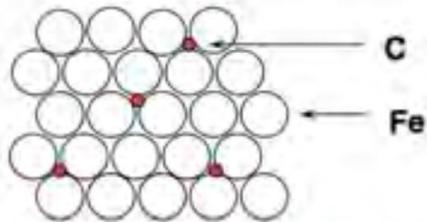


## Tipi di ghisa

La **Ghisa** è definita una lega ferro-carbonio contenente anche altri elementi, come silicio, manganese, zolfo, fosforo, in percentuali varie, caratterizzata da un tenore di carbonio compreso fra l'2,06% e il 6,67%.



### Leghe Interstiziali

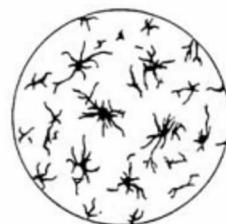
#### **Acciaio [Carbonio (0.2-1%) in Ferro]** C/Fe

Più precisamente, come evidenziato dal diagramma ferro-carbonio, la ghisa a temperatura ambiente è un miscuglio eterogeneo fra i seguenti costituenti:

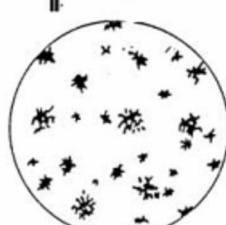
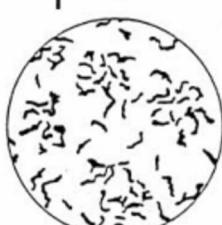
- una lega ferro-carbonio di tipo interstiziale, cioè gli atomi di carbonio sono insinuati nel reticolo cristallino del ferro: la ferrite
- Un composto  $Fe_3C$ : la cementite
- Carbonio grafite inizialmente sotto forma di lamelle. Tali lamelle rendono la ghisa molto dura ma fragile. Attraverso ulteriori processi di affinazione, le zone di grafite possono essere arrotondate sempre più fino ad assumere la forma di sfere.

### **FORME CARATTERISTICHE DELLA GRAFITE**

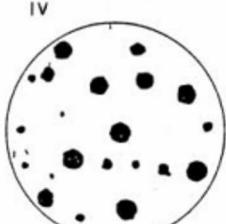
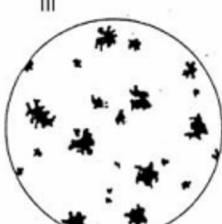
**I) Lamelle sottili con punte aguzze.**



**II) Noduli con accentuate ramificazioni di lamelle.**



**III) Lamelle spesse con punte arrotondate.**

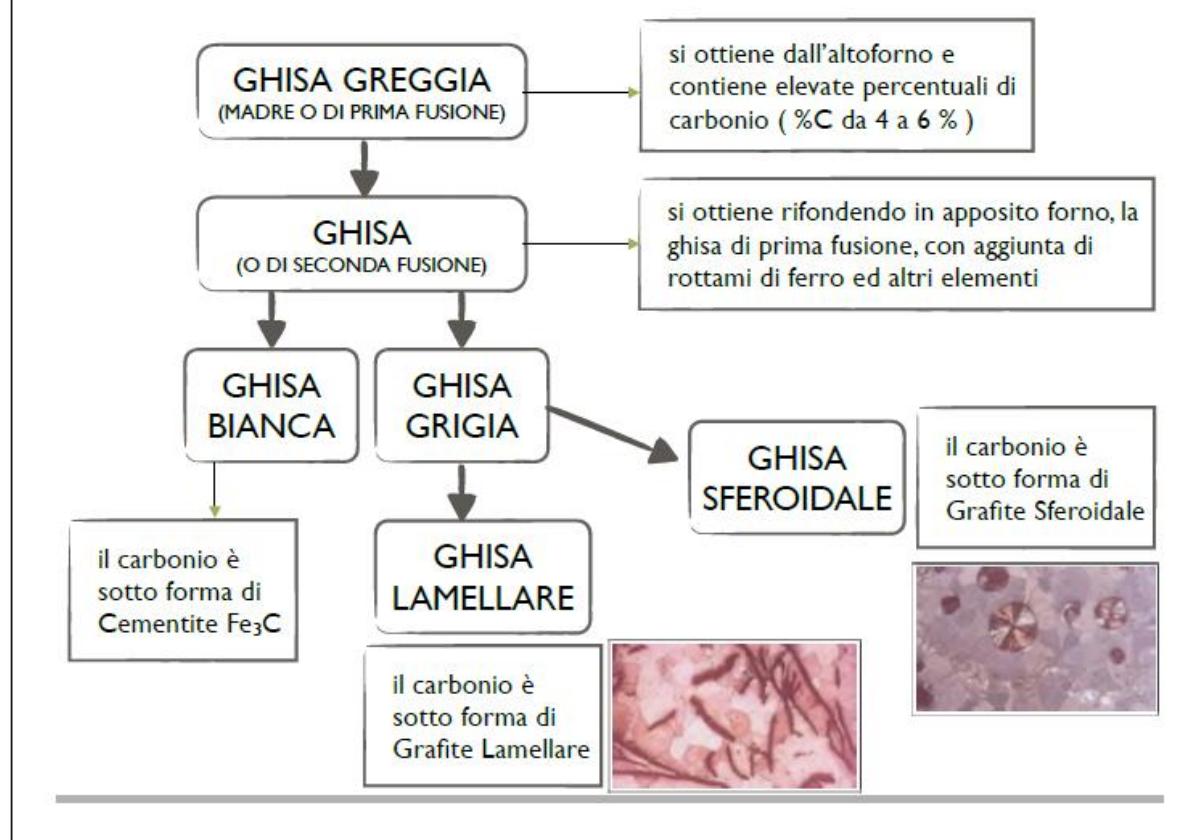


**IV) Flocculi frastagliati.**

**V) Flocculi compatti.**

**VI) Sferoidi**

## TIPI DI GHISA



La classificazione delle ghise più utile ad uso didattico prevede i seguenti gruppi:

ghise **bianche**, così chiamate dal colore chiaro delle superfici di frattura, per la presenza del carbonio esclusivamente sotto forma di cementite;

ghise **malleabili**, così chiamate per la loro elevata deformabilità, conseguita mediante trattamenti termici e termochimici;

ghise **grigie**, così chiamate dal colore scuro delle superfici di frattura, grazie alla presenza, almeno in parte, di carbonio grafitico;

ghise **sferoidali**, in cui gli elementi di grafite vengono ottenuti sotto forma sferoidale;

ghise **legate**, che, grazie ad elevati tenori di alcuni elementi di lega, sono caratterizzate da particolari proprietà, come la resistenza al calore ed alla corrosione.

Il fatto che alla solidificazione da metallo fuso si formi ghisa bianca o ghisa grigia dipende dalla composizione chimica della ghisa fusa di partenza e dalla velocità di raffreddamento.

I diagrammi di Maurer (fig. 3.14), riportano le zone di esistenza delle diverse strutture in funzione del contenuto di carbonio (in ordinate) e di silicio (in ascisse) per un getto di spessore 30-40 mm.

A parità di composizione chimica, al diminuire dello spessore è più facile avere una ghisa bianca perché aumenta la velocità di raffreddamento e la tendenza del carbonio a presentarsi sotto forma di cementite.

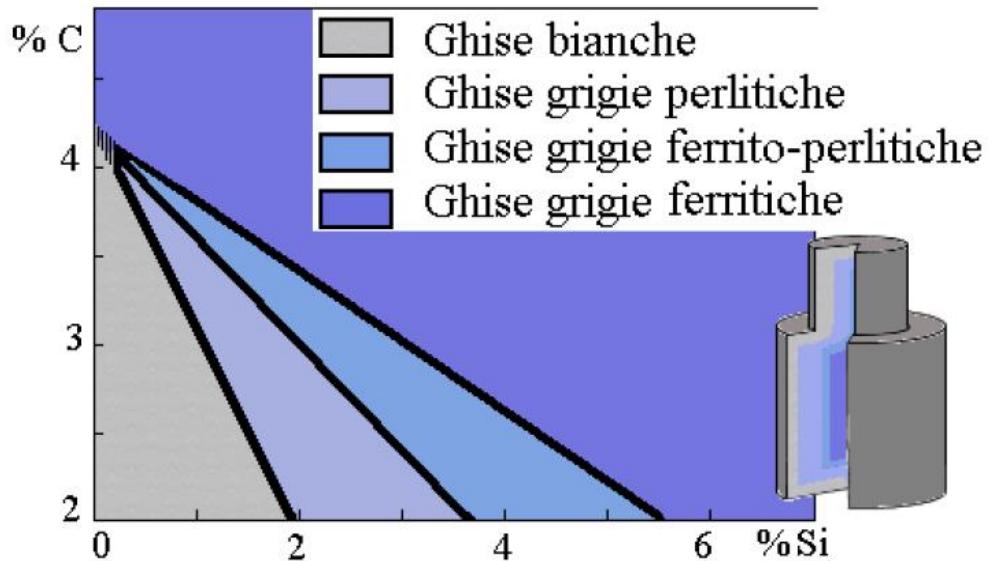


Figura 3.14 – Campi di formazione dei diversi tipi di ghisa al variare della composizione chimica. A parità di composizione, all'aumentare della velocità di raffreddamento è più difficile la formazione della grafite, come schematizzato nel grosso cilindro sezionato.

**Ghise bianche** - hanno il carbonio sotto forma esclusivamente di cementite e tenori bassi di silicio, elemento che favorisce fortemente la formazione di carbonio grafite. Sono intrinsecamente fragili e resistenti all'usura. Hanno applicazioni specifiche per getti (fusioni), o per parti di getti, con requisiti di elevata resistenza all'usura.

**Ghise grigie** – costituiscono la categoria più importante per applicazioni meccaniche. Presentano in parte o in tutto il carbonio sotto forma di grafite a lamelle, flocculi o noduli (fig. 3.15); hanno tenori di silicio generalmente compresi tra 1 e 3%.

Come mostrato in fig. 3.14, grafite e cementite possono formarsi in diverse modalità durante il raffreddamento, contribuendo alle proprietà finali della lega. Una ghisa grigia ferritica ha tutto il carbonio sotto forma grafitica. Grafite e cementite si formano in vari momenti del raffreddamento dallo stato liquido, sia durante la solidificazione, sia al raffreddamento allo stato solido nel campo  $\gamma$  e nel campo  $\alpha$ . Durante il raffreddamento della matrice austenitica, diminuisce la solubilità del carbonio dal massimo di 2,11% al minimo di 0,77% a 727 °C, con la possibile precipitazione sotto forma di cementite o di grafite. Al di sotto della temperatura eutettoidica, la solubilità del carbonio nella ferrite è quasi nulla, e si manifestano nuove formazioni di cementite o di grafite. La morfologia della grafite che, nelle ghise grigie non legate, è sotto forma lamellare, rende bassa la resistenza alla trazione. Questo è dovuto al fatto che la grafite è un costituente senza resistenza meccanica e la sua presenza corrisponde a dei "vuoti" nella matrice ferrosa sotto forma di fessure naturali.

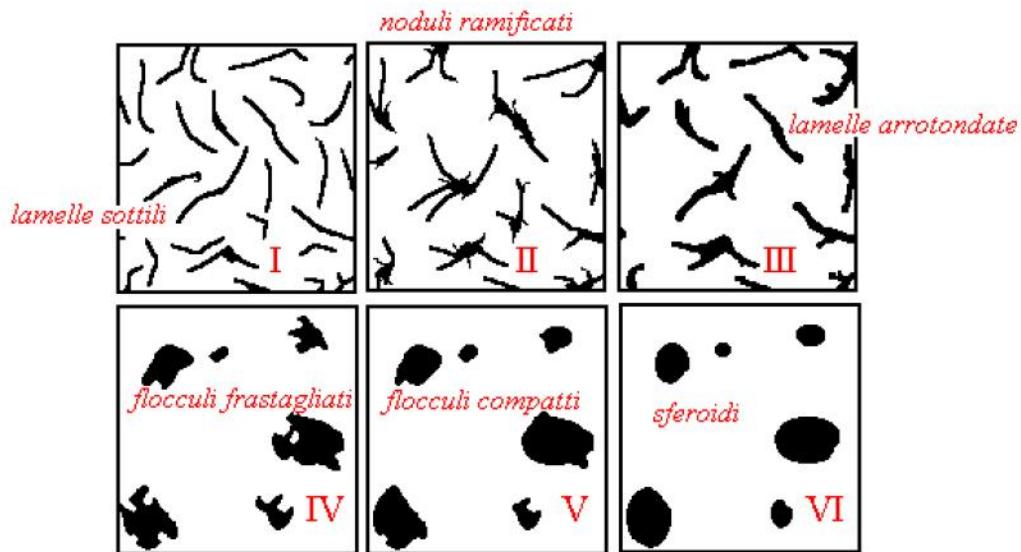


Figura 3.15 – Morfologie della grafite nella ghisa

Oltre a C e Si, anche altri elementi in lega nella ghisa concorrono a favorire la formazione di cementite o di grafite (fig. 3.16). Questi stessi elementi modificano inoltre le caratteristiche meccaniche, fisiche (ad esempio le temperature di presenza delle fasi liquide ed i coefficienti di ritiro nei passaggi di stato) e tecnologiche dei prodotti (ad esempio la colabilità) così da richiedere un'elevata specializzazione nel trattare i prodotti di fonderia.

**Ghise sferoidali** – sono ghise grigie con grafite a forma sferoidale per merito di aggiunte di elementi quali magnesio, cerio, calcio, litio, sodio, bario( Mg, Ce, Ca, Li, Na, Ba ) e di un controllo rigoroso sullo zolfo al disotto di 0,03%. La precipitazione della grafite sotto forma di sferoidi rappresenta la condizione di minimo rapporto superficie/volume nonché una morfologia di minimo intaglio alla matrice metallica. Le norme UNI EN 1563 e 1564 prevedono la designazione di tali ghise con la sigla GJS, seguita dal valore minimo del carico unitario di rottura e dall'allungamento a rottura (es.: EN-GJS-700-2). Sono queste le ghise di maggior pregio perché hanno caratteristiche meccaniche minime garantite prossime a quelle degli acciai meno pregiati e mantengono il vantaggio della formabilità delle ghise grigie, con in più un'elevata duttilità (infatti sono anche chiamate *ductile iron*). La composizione di una ghisa sferoidale è caratterizzata dai tenori dei vari elementi che possono oscillare all'interno dei seguenti intervalli:

$$\begin{aligned} C &= 3,4-4\% & Si &= 2-3\% & Mn &= 0,1-0,8\% \\ P &< 0,01\% & S &< 0,02\% & Mg &= 0,02-0,1\% \end{aligned}$$

Si deve notare che il basso tenore in zolfo è necessario anche per evitare perdite di magne-sio, elemento sferoidizzante, dovute alla formazione di MgS.

**Ghise malleabili** - sono ghise bianche destinate a subire trattamenti termochimici di malleabilizzazione per ottenere caratteristiche meccaniche più vicine a quelle degli acciai, attraverso processi di decarburazione o di grafitizzazione, che modificano in varia misura la struttura iniziale. Hanno avuto grande diffusione per applicazioni meccaniche, ma sono ora sostituite dalle ghise sferoidali.

**Ghise legate** - legate con silicio, cromo e nichel per aumentare la resistenza alla corrosione ed alle condizioni di servizio alle alte temperature (dilatazione termica, ossidazione, shock termico ...). Vengono classificate con una lettera (S se sferoidali; L se lamellari) seguita dai simboli chimici degli elementi caratterizzanti e dalla loro percentuale in peso (ad es.: L - Ni Cr 20 2 ; S - Ni Mn 23 4).

## PROPRIETÀ DELLE GHISE

- RESISTENZA A TRAZIONE: 100 ÷ 400 N/mm<sup>2</sup>
- RESISTENZA A COMPRESSIONE: 400 ÷ 900 N/mm<sup>2</sup>
- ALLUNGAMENTO BASSISSIMO
- DUREZZA ELEVATA
- RESILIENZA BASSISSIMA
- FUSIBILITÀ BUONA
- COLABILITÀ BUONA
- RESISTENZA ALLA CORROSIONE BUONA
- SALDABILITÀ SCARSA
- TRUCIOLABILITÀ SCARSA

Le ghise vengono lavorate solo per fusione con l'eccezione delle ghise grigie malleabili che possono essere lavorate anche alle macchine utensili.

I limiti della ghisa sono: la FRAGILITÀ e la BASSA RESISTENZA A TRAZIONE.

## CLASSIFICAZIONE E DESIGNAZIONE DELLE GHISE

- GHISA GRIGIA PER GETTI ORDINARI: vengono impiegate per la costruzione di parti meccaniche; la designazione prevede la lettera G seguita da un numero che rappresenta la resistenza unitaria a rottura a trazione espressa in N/mm<sup>2</sup>.

Esempi:

G 140 è la designazione unificata di una ghisa grigia per getti ordinari avente carico unitario di rottura a trazione di 140 N/mm<sup>2</sup>.

G 120 è la designazione unificata di una ghisa grigia per getti ordinari avente carico unitario di rottura a trazione di 120 N/mm<sup>2</sup>.

- GHISA GRIGIA SFEROIDALE: si ottengono aggiungendo in fase di colata nichel-magnesio e ferrosilicio, vengono utilizzate per la costruzione di parti meccaniche alle quali occorre massima tenacità e resistenza all'usura; la designazione prevede le due lettere GS seguite da due numeri che rappresentano la resistenza unitaria a rottura a trazione (N/mm<sup>2</sup>) e l'allungamento percentuale a rottura.

Esempi:

GS 600-12 è la designazione unificata di una ghisa sferoidale avente carico unitario di rottura a trazione di 600 N/mm<sup>2</sup> e allungamento percentuale a rottura del 12%.

GS 550-11 è la designazione unificata di una ghisa sferoidale avente carico unitario di rottura a trazione di 550 N/mm<sup>2</sup> e allungamento percentuale a rottura dell'11%.

- GHISA GRIGIA NON LEGATA PER GETTI COLATI IN SABBIA PER USO AUTOMOBILISTICO: viene usata per organi meccanici resistenti all'usura a caldo; la designazione prevede le due lettere Gh seguite da un numero che rappresenta l'indice di durezza Brinell.

Esempi:

Gh 140 è la designazione unificata di una ghisa grigia per getti colati in sabbia per uso automobilistico avente indice di durezza Brinell 140 HB.

Gh 160 è la designazione unificata di una ghisa grigia per getti colati in sabbia per uso automobilistico avente indice di durezza Brinell 160 HB

- **GHISA MALLEABILE IN GETTI**: viene impiegata per la costruzione di organi meccanici soggetti a flessione a torsione e a ripetuti urti; la loro designazione prevede l'impiego di due o tre lettere GM, GMB, GMN seguite da un numero che rappresenta il valore minimo della resistenza unitaria a rottura a trazione (N/mm<sup>2</sup>).

GM oppure GMB ghisa malleabile in getti corrente o a cuore bianco

GMN ghisa malleabile in getti a cuore nero

Esempi:

GM 340 è la designazione unificata di una ghisa malleabile a cuore bianco avente carico unitario minimo di rottura a trazione di 340 N/mm<sup>2</sup>.

GMB 340 è la designazione unificata di una ghisa malleabile a cuore bianco avente carico unitario minimo di rottura a trazione di 340 N/mm<sup>2</sup>.

GMN 320 è la designazione unificata di una ghisa malleabile a cuore nero avente carico unitario minimo di rottura a trazione di 320 N/mm<sup>2</sup>.