

Scelta della composizione chimica nelle ghise grigie e sferoidali

J. ALVA

Nel corso della 440^a riunione della Commissione Tecnica dell'Assofond l'ing. Julio Alva ha presentato un interessante metodo, dedotto dalla più recente letteratura, per la scelta della composizione chimica delle ghise grigie e sferoidali.

Il metodo consente di assistere i tecnici nella scelta della composizione base degli elementi alliganti nei getti di ghise grafitiche (grigie e sferoidali) più comuni.

GHISE GRIGIE

Nelle ghise grigie, come si può desumere dalla figura 1, la resistenza dipende del carbonio equivalente, oppure del grado di saturazione eutettica (Sc) e dal diametro del provino colato.

La citata figura evidenzia il rapporto tra la resistenza alla trazione, il diametro del provino e il grado di saturazione eutettica Sc , diagramma di Heller; $Sc = CE/4,27$.

Nelle ordinate a destra si può scegliere la resistenza richiesta, a seconda del tipo di ghisa. Ad esempio, G30 ($32,5 \text{ kg/mm}^2$), quindi incontrare la linea relativa al diametro del provino previsto (ϕ) e leggere in ascisse il grado di saturazione Sc (0,85).

Il CE richiesto viene così determinato:

$$CE = Sc \cdot 4,27 = 3,63 \%$$

Nel caso si volesse ottenere dal getto le caratteristiche utilizzando questo metodo, è opportuno ricordare che un qualunque spessore equivale in termini di velocità di raffreddamento a circa il doppio in valore numerico del diametro.

Per esempio, una piastra di 12,5 mm equivale ad un diametro di 25 mm, quindi, se il provino di trazione si dovesse ricavare da uno spessore di 10 mm (diametro equivalente 20ϕ), uno Sc di 0,9 ($CE:3,84$) sarebbe sufficiente.

Scelta del silicio

La figura 2 evidenzia i valori consigliati per il silicio in funzione dello spessore, oppure del diametro di riferimento.

La figura può essere utilizzata in questo modo: definito il diametro di 30 equivalente allo spessore di

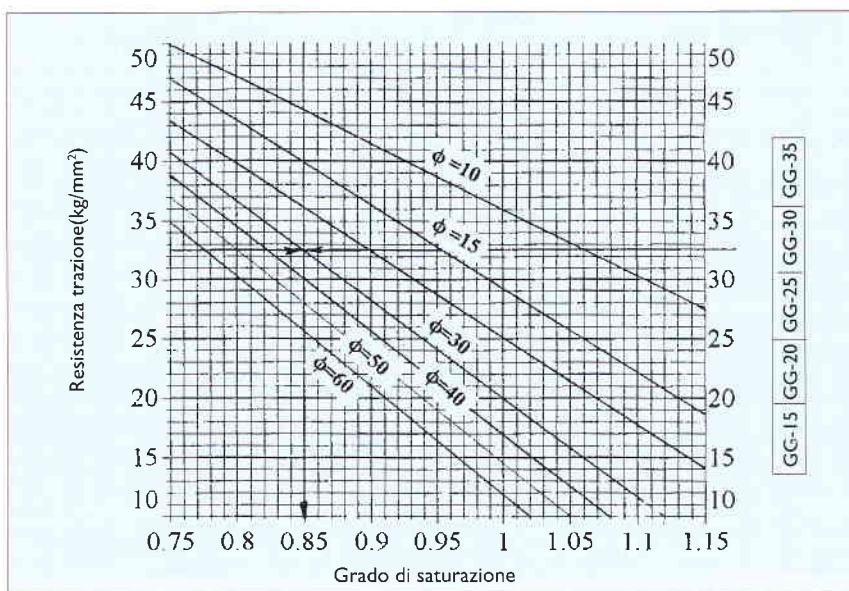


Fig.1 - Rapporto fra resistenza alla trazione, diametro del provino e grado di saturazione eutettica Sc (Diagramma di Heller) ($Sc = CE/4,27$).

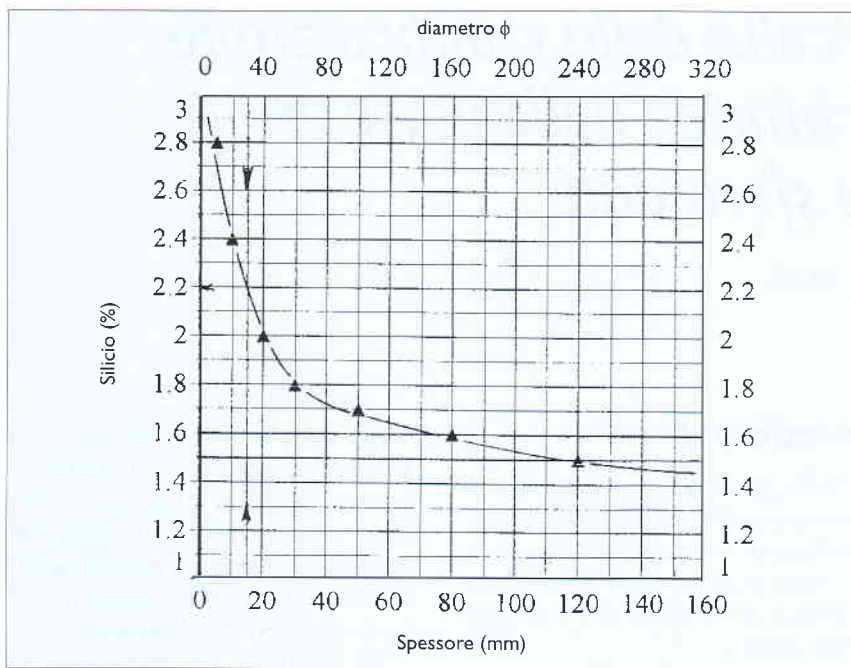


Fig.2 - Valori consigliati per il silicio in funzione dello spessore oppure del diametro di riferimento.

15 mm, incontrare la curva e leggere il valore di silicio in ascisse (2,2%). Noto questo elemento, il carbonio può essere così dedotto:

$$C = CE - Si/3 = 3,63 - 2,2/3 = 2,9\%$$

La relativa specifica può essere così scritta:

$$C: 2,9-3\% \quad Si = 2 \div 2,2 \quad P < 0,1\%$$

Una deroga dei valori in basso per il silicio (-0,2%) negli spessori medi e medio piccoli è in genere possibile, qualora i valori residuali di titanio siano superiori allo 0,025%. (vedi effetto dell'azoto).

Indurimento della matrice (Perlitizzazione)

Le ghise grigie sono ghise essen-

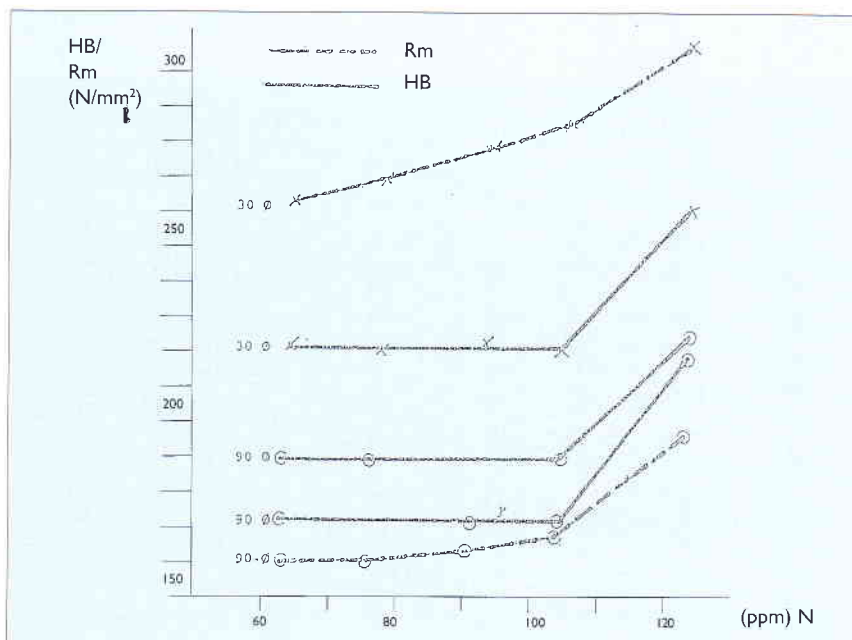


Fig.3 - Influenza del contenuto di azoto nelle ghise grigie sulla resistenza e la durezza per diversi diametri di provino. Durezza e resistenza sulla stessa scala.

zialmente perlitiche (oltre il 95% di perlite). Nel caso di impigo di forni elettrici e rotativi la perlitizzazione va assicurata con lo stagno o il rame nel modo seguente. Gli elementi consigliati sono Sn e Cu. La percentuale di aggiunte per perlitizzazione totale andrebbe effettuata con 0,05-0,15 di Sn e 0,6-2 max di Cu.

I valori più bassi si riferiscono a spessori sottili o qualora siano presenti degli altri induritori. È possibile abbinare stagno e rame, considerando che l'effetto dello stagno è circa 10/12 volte quello del rame.

Effetto dell'azoto

Sebbene l'azoto sia un elemento con ancora maggiori capacità perlitizzanti (10 volte lo stagno), la difficoltà di gestire aggiunte così ridotte (espresse in ppm) per non incappare in problemi di soffiature non ci consente di annoverarlo fra i perlitizzanti di uso industriale.

Inoltre, l'effetto dell'azoto viene contrastato dal titanio e ciò rende ancora più delicata la sua gestione. L'azoto viene comunemente assorbito dal coke in carica ed è presente nel rottame d'acciaio.

Nella fusione elettrica può essere introdotto con i carburizzanti poveri (coke di petrolio ad alto zolfo opp. coke macinato). Ghise così prodotte sono in genere più dure e resistenti di quelle prevedibili con il diagramma di Heller.

Rapporto fra durezza e resistenza nelle ghise grigie

Nelle ghise grigie esiste un rapporto fra durezza e resistenza come desumibile dalla figura 4.

Alligamento delle ghise grigie

Per contrastare la formazione di carburi, una parte di cromo deve essere abbinata a circa tre parti di nichel (validi anche per le ghise Ni-Hard) o di rame oppure una parte di molibdeno deve essere abbinata a circa una parte di nichel o di rame.

Per esempio, un incremento del 20% della resistenza (fattore della

Fig.4 - Rapporto che intercorre fra durezza e resistenza in spessori diversi nelle ghise grigie perlitiche.

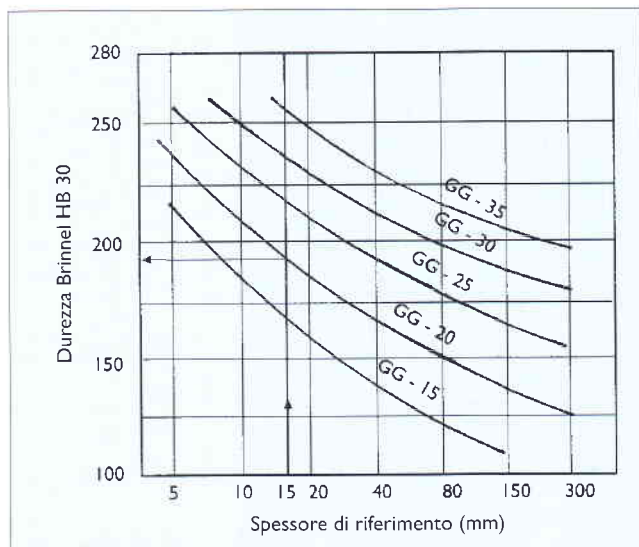


Fig.5 - Incremento della resistenza in funzione degli elementi in lega.

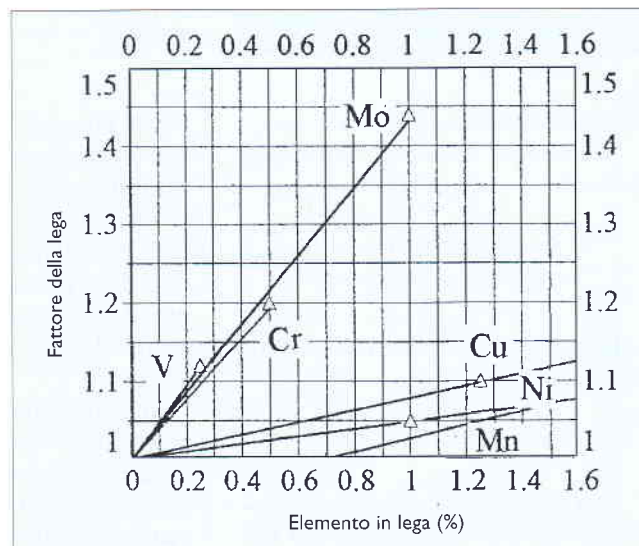
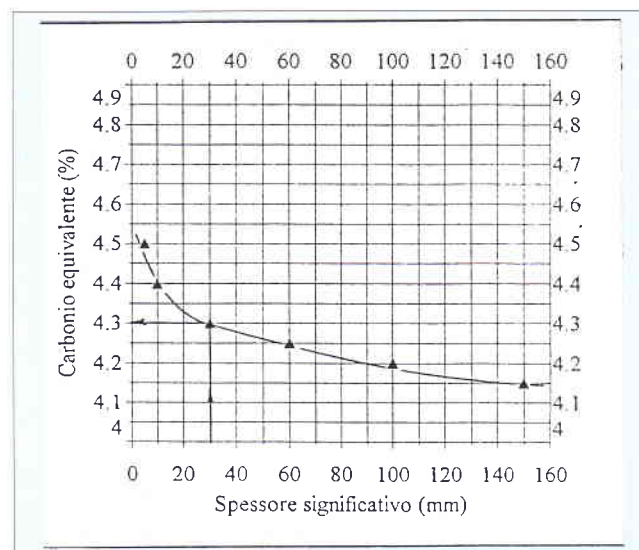


Fig.6 - Rapporto consigliato fra carbonio equivalente (CE) e spessore significativo del pezzo. Definito lo spessore per esempio, 30 mm incontrare la curva e leggere il valore del CE in ordinate (4,3 %).



	V	Cr	Mo	Si	Ni	Cu
Carburigenti	2	1	0,3	Grafitizzanti	1	0,4

Tab. 1 - Bilanciamento fra elementi carburigenti e grafitizzanti - Coefficienti.

lega: 1,2) potrebbe essere ottenuto aggiungendo lo 0,5% circa di molibdeno o cromo.

La composizione base risulterebbe sbilanciata (tabella 1). Ciò favorirebbe la comparsa di carburi e quindi chiederebbe l'aggiunta, ad esempio, di rame (0,4% nel caso del molibdeno e 1,2% nel caso del cromo).

Tali aggiunte porterebbero ad un'ulteriore aumento della resistenza (dal 5 all'8% rispettivamente). La decisione finale andrebbe anche valutata dal punto di vista di costi: 0,3% di Cr+1% Cu.

L'ottenimento delle caratteristiche desiderate come già detto presuppongono una struttura prevalente del tipo «A».

Ciò può essere agevolmente realizzato mediante il controllo della tempera.

L'altezza della tempera come desunta da un provino non conchigliato può essere anche utilizzato per produrre getti anche pesanti. Qui, invece in ragione dei contenuti più bassi di carbonio e silicio, la tempera è alta. Non è rilevante la forma del provini.

Ecco una guida per l'altezza di tempera (h) nei diversi spessori (E):

E (mm)	h (mm)
< 6	0
6-10	2-4
10-15	4-6
15-50	6-10
> 50	10-15 max.

È opportuno ricordare che l'abbattimento eccessivo della tempera può comportare la comparizione di difetti di risucchio in getti sensibili a questo fenomeno.

GHISE SFEROIDALI

Nelle ghise sferoidali la resistenza meccanica non è più in funzione del carbonio equivalente, in ragione della forma nodulare della grafite.

Per favorire la colabilità e minimizzare i ritiri le ghise sferoidali di norma hanno una composizione eutettica (CE: 4,27%) o leggermen-

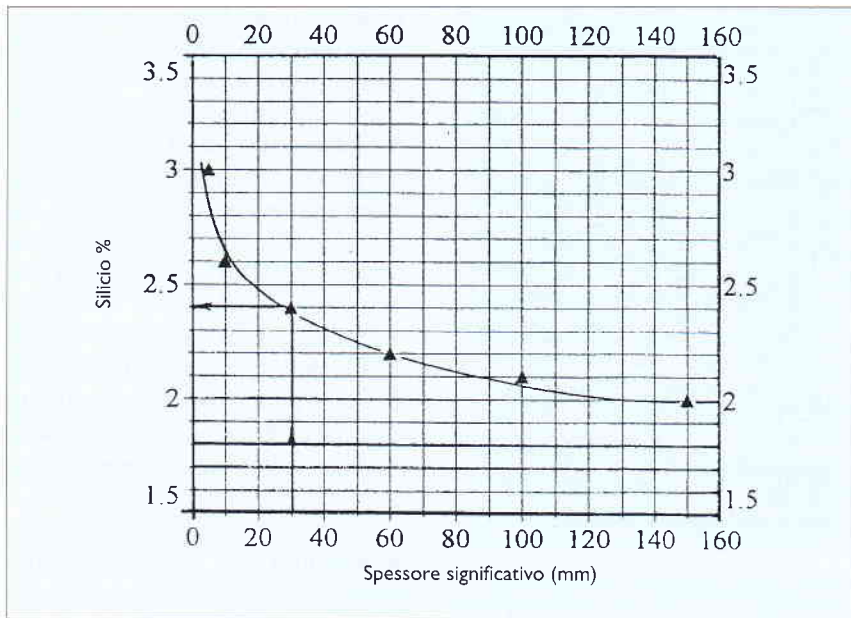


Fig. 7. Valori consigliati per il silicio in funzione dello spessore di riferimento.

te ipereutettica. Tuttavia, per evitare il rischio di galleggiamento degli sferoidi nelle superficie superiori dei grossi spessori conviene limitare la composizione secondo le indicazioni di figura 6. Il galleggiamento favorisce la formazione di noduli esplosi che alla lavorazione meccanica appaiono come delle macchie. Inoltre, di regola le durezza si abbassano sensibilmente nelle zone interessate.

Scelta del silicio

I valori consigliati per il silicio sono in funzione dello spessore di riferimento (fig. 7). Ad esempio, noto lo spessore, 30 mm, incontra la curva e leggere il valore del

silicio in ordinate (2,4%).

Noto questo elemento, il carbonio può essere così dedotto:

$$C = CE - 0,31 \cdot Si \\ = 4,3 - 0,31 \cdot 2,4 = 3,55 \%$$

La relativa specifica può essere così scritta:

$$C : 3,50 \div 3,6 \%$$

Si : 2,3 \div 2,50 %

Una deroga del silicio verso valori un pò più alti è consentita nel caso di ghise ferritiche. Non si consiglia invece di abbassare ulteriormente il valore di tale elemento nel caso di ghise perlitiche.

Nella produzione di ghise ferritiche per impieghi a bassa tempe-

ratura il tenore di silicio deve essere contenuto entro il 2,15% (prove di resilienza a -20 °C) o il 2% (prove di resilienza a -40 °C). In questi casi, è d'obbligo introdurre del nichel o del rame (0,5-0,7%) per compensare il calo della resistenza alla rottura derivatosi dalla riduzione del silicio.

La durezza nelle ghise sferoidali normali è regolata dal rapporto ferrite/perlite e quindi dalla presenza o meno dei perlizzanti già elencati nel caso delle ghise grigie (rame e stagno).

Anche qui, i valori più bassi sono indicati per gli spessori sottili o qualora siano presenti altri induritori. Per effetti parziali è indispensabile, praticare aggiunte proporzionali ad

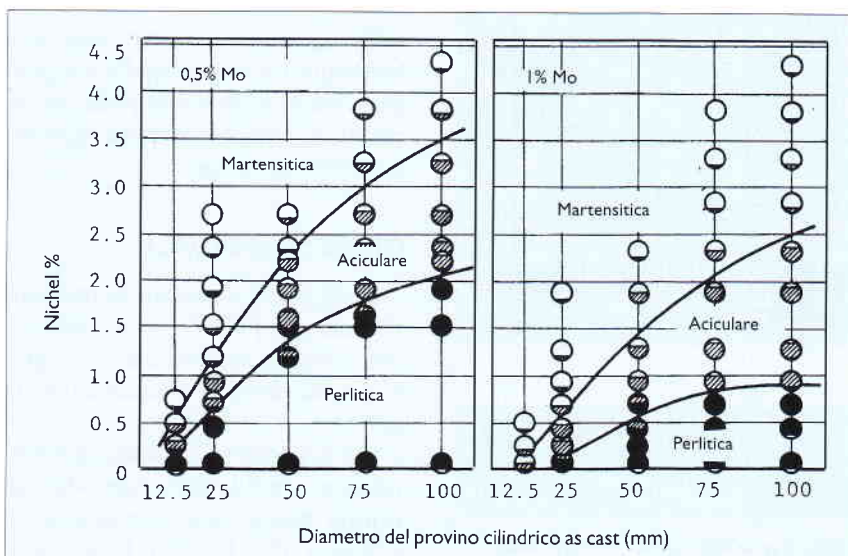


Fig. 8 - Strutture ottenute in provini cilindrici di diverso diametro per valori crescenti di nichel (oppure rame) e per due livelli di molibdeno 0,5 e 1% (Tokunaga).

Tipo	C %	Si %	Mn %	Ni %	Cr %	P %	Mg %
D-2*	3,0 max	1,75-3,00	0,7-1,0	18-22	1,75-2,50	0,08 max	0,03-0,06
D-2B	3,0 max	1,75-3,00	0,7-1,0	18-22	2,75-4,00	0,08 max	0,03-0,05
D-2C	2,9 max	2,00-3,00	1,8-2,4	21-24	0,5 max	0,08 max	0,03-0,05
D-2M	2,7 max	1,50-2,60	3,75-4,50	21-24	0,5 max	0,08 max	0,03-0,05
D-3 **	2,6 max	1,50-2,80	0,5 max	28-32	2,5-3,5	0,08 max	0,03-0,05
D-3A	2,6 max	1,50-2,80	0,5 max	28-32,	1,0-1,5	0,08 max	0,03-0,05
D-4	2,6 max	5,0-6,0	0,5 max	29-32	4,5-5,5	0,08 max	0,03-0,05
D-5	2,4 max	1,50-2,75	0,5 max	34-36	0,1 max	0,08 max	0,03-0,05
D-5B	2,4 max	1,50-2,75	0,5 max	34-36	2-3	0,08 max	0,03-0,05

* Incluso il cobalto casualmente presente

** L'aggiunta del 0,7-1,0% di molibdeno aumenta la resistenza meccanica a temperature superiori ai 425°C.

Tab. 2 - Ghise sferoidali austenitiche (Ni-Resist) - Scelta della composizione.

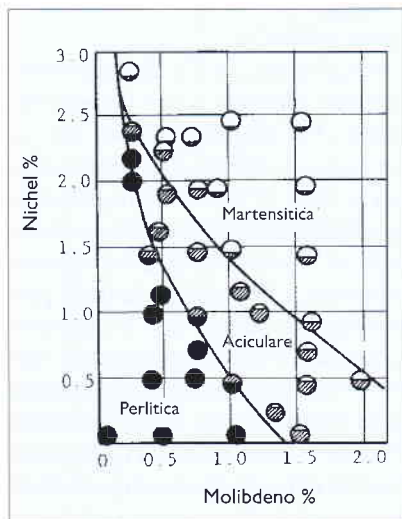


Fig.9 - Strutture ottenute in una piastra di spessore 25 mm per diverse combinazioni di nichel e molibdeno (Tokunaga).

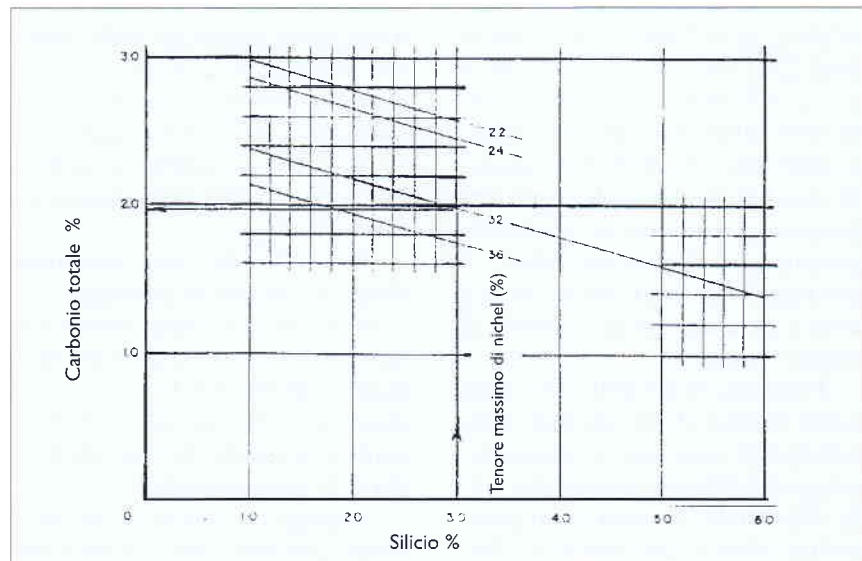


Fig.10 - Combinazioni C/Si massime ammissibili in getti in ghise sferoidali Ni-Resist.

esempio, il 50% di aggiunta per il 50% di perlitizzazione.

È possibile abbinare stagno e rame considerando che l'effetto dello stagno è circa 10/12 volte quello del rame.

Ghise sferoidali bainitiche (aciculari) as cast

È opportuno scegliere in funzione del diametro del provino di trazione il valore del nichel per uno dei due valori del molibdeno (0,5 e 1%) in modo da ottenere una struttura aciculare.

Preferire rapporti Ni/Mo di almeno 1:1 in un'ottica di minore costo e di minore rischio di carburi (molibdeno minimo).

Nel caso di spessori è opportuno tenere in considerazione queste indicazioni per un provino di 50 φ.

Combinazioni possibili: 0,5% Mo + 1,8% Ni oppure 1% Mo + 1%Ni. Scegliere la prima combinazione ed accertarsi che la matrice sia perlitica mediante l'aggiunta di rame o stagno.

Il nichel può essere sostituito dal rame fino ad un contenuto del 2%. I valori sono estrapolabili per le ghise grigie.

Ghise sferoidali austenitiche (Ni-Resist)

Nella tabella 2 vengono elencati i tipi più comuni.

Anche qui i valori di silicio più

alti si sono variati per i getti più sottili e viceversa.

Inoltre, è opportuno bilanciare il carbonio, il silicio ed il nichel secondo i suggerimenti di figura 10, onde prevenire la formazione di grafite a pezzi (tipo chunk).

Ad esempio se si dovesse scegliere il 3% come valore per il silicio in una ghisa al 32% di nichel (per esempio la D-4), il valore del carbonio massimo raccomandato sarebbe dell'1,9%.