

ENRICO FLAMIGNI

LA GHISA A GRAFITE COMPATTA



Momento della colata della ghisa, dalla siviera alla staffa.

La ghisa è certamente uno dei più importanti materiali tecnici dopo l'acciaio e di solito è utilizzata per produrre componenti meccanici attraverso il processo di fusione.

La ghisa è inevitabilmente associata alla fonderia e normalmente il suo non utilizzo è legato alla scelta di processi di fabbricazione alternativi, anziché alla scelta di un materiale con migliori caratteristiche meccaniche.

Il suo impiego parte dalla componentistica meccanica fino ad arrivare ad oggetti destinati all'arredo urbano. È il materiale più utilizzato per produrre getti. Il processo di fusione consente di personalizzare la com-

posizione del materiale e le sue caratteristiche meccaniche, attraverso l'aggiunta di opportuni elementi leganti, fornendo un materiale adatto ad ogni esigenza: dalla resistenza all'usura, alla resistenza alle alte temperature.

CARATTERISTICHE DEI VARI TIPI DI GHISA

La ghisa si può brevemente classificare nella seguente maniera:

- Ghise nere, caratterizzate da un alto tenore di carbonio, non hanno caratteristiche meccaniche significative e in passato venivano utilizzate per produrre getti come contrappesi e particolari per arredo urbano (tomhini, pali, fontane...), ormai del tutto abbandonate, il loro nome deriva dal colore della frattura.

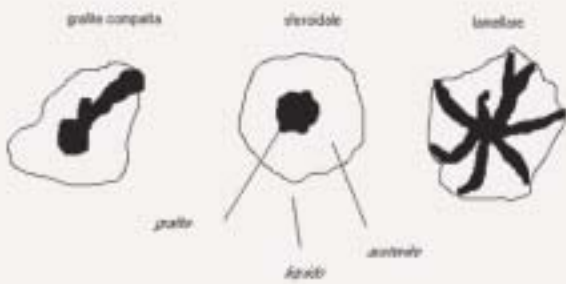
- Ghise grigie, caratterizzate da una frattura fragile di colore grigio, han-

**Caratteristiche
meccaniche,
morfologiche
e tecnica di produzione
di un importante
materiale tecnico oggi
sempre più utilizzato,
in particolare nel settore
automobilistico**

no caratteristiche meccaniche classificate dalle principali norme tecniche, è un materiale fragile di basso costo, trovano applicazione nella maggior parte dei getti meccanici.

- Ghise sferoidali, caratterizzate da una frattura duttile, hanno caratteristiche meccaniche classificate e normalizzate, anche se possono essere personalizzate con l'aggiunta di opportuni elementi leganti. È un materiale relativamente giovane, la sua produzione ed introduzione nel mercato risale al 1960, la richiesta è stata in crescita fino a questi anni anche se ultimamente si è arrestata. È un materiale alternativo all'acciaio di fusione e può rappresentare anche l'alternativa economica alla produzione di componenti in acciaio saldato.

- Ghisa a grafite compatta, nota e studiata da tempo, ma utilizzata in maniera significativa solo a partire dal 2000 per produrre basamenti e teste



1. Morfologia dei tre diversi tipi di inclusioni di grafite nelle ghise a grafite compatta, sferoidale e grigia (lamellare).

particolare nella produzione di basamenti e teste motore, particolari soggetti a cicli di temperatura e a vibrazioni. Una stima della produzione annuale per il settore automobilistico è riportata in figura 3.

Alcuni valori indicativi per

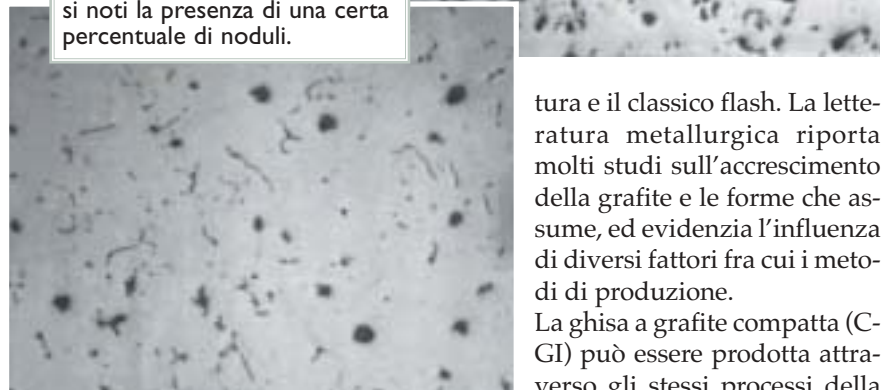
di motori diesel ad alte prestazioni. È l'ultima nata, le sue caratteristiche microstrutturali e meccaniche sono in fase di classificazione, è un materiale molto interessante perché unisce le migliori caratteristiche della ghisa grigia a quelle della ghisa sferoidale, il suo impiego principale è previsto nel campo motoristico.

La ghisa a grafite compatta, dal punto di vista delle caratteristiche meccaniche, si trova a metà strada fra la ghisa grigia e quella sferoidale, è caratterizzata da inclusioni di grafite con morfologia riportata in figura 1. Come per la ghisa grigia e quella sferoidale, le caratteristiche meccaniche dipendono dalla microstruttura ed in particolare dalla forma e dal numero di inclusioni di grafite (figura 2) e dalla composizione della matrice metallica.

Le principali caratteristiche tecniche di questi tre tipi di ghisa sono riportate in maniera comparativa nella tabella 1. Come si può notare dalla elevata conducibilità termica e dalla capacità di smorzare le vibrazioni e dunque il rumore, la ghisa a grafite compatta può trovare un'ottima applicazione nel settore motoristico, in

le ghise a grafite compatta con il 10-30% di nodularità, sono riportati nella tabella 2, dove si nota la notevole differenza a seconda della natura della matrice, ferritica o perlitica.

2. Due micrografie a diversi ingrandimenti che mostrano la forma delle inclusioni di grafite nella ghisa a grafite compatta: si noti la presenza di una certa percentuale di noduli.



il magnesio. La produzione di ghisa sferoidale si basa principalmente sull'aggiunta di tale elemento nel bagno metallico, attraverso vari metodi, fra cui i più diffusi sono il metodo sandwich e il metodo con filo.

Il magnesio viene aggiunto nel bagno metallico in lega ternaria FeSiMg (ferro, silicio, magnesio), la percentuale di magnesio varia secondo il metodo utilizzato, dal 5% per il metodo sandwich fino al 50% per il metodo con filo, questo per contenere la reazione con ossigeno ad alta tempera-

tura e il classico flash. La letteratura metallurgica riporta molti studi sull'accrescimento della grafite e le forme che assume, ed evidenzia l'influenza di diversi fattori fra cui i metodi di produzione.

La ghisa a grafite compatta (CGI) può essere prodotta attraverso gli stessi processi della ghisa sferoidale, però il controllo del processo deve essere molto

accurato data la ristrettezza delle condizioni per l'ottenimento della grafite con forma compatta.

Si stanno studiando vari processi produttivi che si basano su diversi elementi: magnesio, cerio, azoto, titanio, leghe di magnesio e terre rare.

Molti di questi processi produttivi sono ancora in fase sperimentale, mentre un metodo produttivo che conviene esporre è quello che ha consentito, dall'anno 2000, di produrre i basamenti di un motore diesel ad alte prestazioni per una nota casa automobilistica in sostituzione alla ghisa grigia.

La produzione si basa sull'aggiunta di magnesio al bagno metallico utilizzando una lega ternaria di FeSiMg,

TECNICHE DI PRODUZIONE

La segregazione della grafite durante la solidificazione avviene attraverso meccanismi che sono influenzati da diversi fattori ed elementi, fra cui

Ghisa grigia	Ghisa sferoidale	Ghisa a grafite compatta
Fragilità	Duttilità considerevole	Buona duttilità
Basso carico di rottura	Alta resistenza meccanica	Alta resistenza
Elevato coefficiente di smorzamento	Basso coefficiente di smorzamento	Buon coefficiente di smorzamento
Buona conducibilità termica	Bassa conducibilità termica	Buona conducibilità termica
Basso costo		

Tabella 1. Caratteristiche tecniche dei tre principali tipi di ghisa.

Proprietà	unità	CGI-300 matrice ferritica	CGI-400 matrice ferritica/perlitica	CGI-500 matrice perlitica
resistenza a trazione	N/mm ²	300	400	500
allungamento	%	1,5	1	0,5
resistenza a compressione	N/mm ²	600	800	1000
durezza Brinell		140	190	240
resistenza a fatica (flessione)	N/mm ²	160	200	250
resistenza a fatica (trazione/compressione)	N/mm ²	100	135	175
modulo elastico (trazione)	kN/mm ²	140	160	170
modulo elastico (compressione)	kN/mm ²	140	160	170
pressione superficiale ammissibile (statica)	N/mm ²	210	280	350
peso specifico	g/cm ³	7,0	7,0-7,1	7,0-7,1
conducibilità termica	W/(m*K)	45	40	35
capacità termica specifica	J/(g*K)	0,5	0,5	0,5

Tabella 2. Alcuni valori indicativi per la ghisa a grafite compatta (CGI).

al 5% di magnesio. Il processo parte da una ghisa di cubilotto, che ha subito un trattamento di desolfurazione, con la seguente analisi media:

C (carbonio):	3,3-3,5%
S (zolfo):	0,010-0,014%
Si (silicio):	2,10-2,25%
Cr (cromo):	<0,06%
Mn (manganese):	0,25-0,30%
P (fosforo):	<0,03%

mentre il rame e lo stagno sono stati aggiunti in tenori tali da ottenere una struttura completamente perlitica. Al bagno metallico è aggiunta un'opportuna quantità di lega FeSiMg, utilizzando il metodo sandwich, in maniera tale da ottenere una concentrazione di magnesio nel bagno tale da ottenere la CGI. La composizione della ghisa, dopo l'aggiunta della lega, subisce un cambiamento nelle percentuali di silicio, che aumentano, e del carbonio, che diminuisce a causa dell'ossidazione provocata dalla violenta reazione del magnesio.

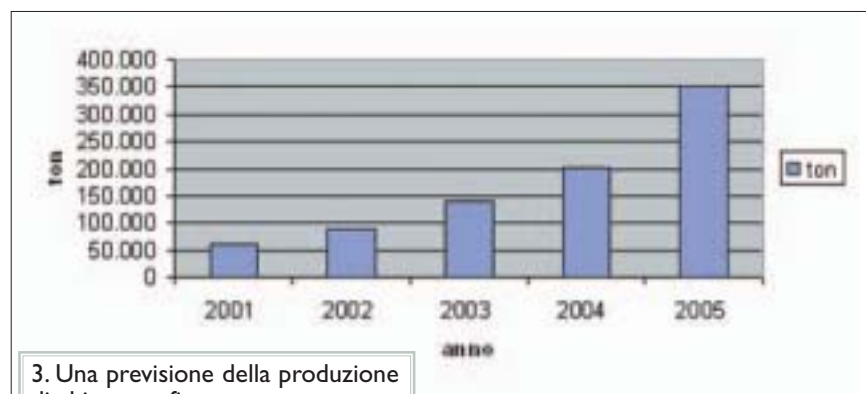
A questo punto la ghisa è analizzata e appena prima di colare, sono aggiunti, mediante filo animato, gli opportuni correttivi ed inoculanti ed eventualmente il magnesio per ottenere l'analisi ottimale per la CGI. Dunque, il processo industriale attuale è composto da due trattamenti, con il primo si ottiene una composizione vicina a quella stabilita per la colata, mentre con il secondo, più preciso, si ottiene la composizione esatta.

La ghisa assume caratteristiche microstrutturali e meccaniche diverse al variare della composizione chimica e

della velocità di solidificazione, e questo è necessario considerarlo in fase di progettazione. La ghisa assume caratteristiche diverse in base agli spessori, per la CGI si ha che tende, estremizzando la questione, alla ghisa sferoidale perlitica per le sezioni sottili, e alla ghisa grigia ferritica per le sezioni massicce. Normalmente si ha un aumento della nodularità nelle sezioni sottili, e un aumento delle lamelle in quelle massicce. La produzione della CGI non è sem-

passato. Molte case automobilistiche si stanno orientando sulla CGI per poter risolvere i problemi strutturali dei basamenti derivanti dalle elevate sollecitazioni.

In passato alcune importanti case costruttrici di motori marini ad alte prestazioni, per risolvere i problemi strutturali, si sono orientate sulla produzione di teste motore e basamenti



plice, si stanno studiando processi alternativi per semplificarne il processo produttivo, ancora non si è raggiunto l'obiettivo della produzione di grande serie.

Nonostante questo, è un materiale che sta attirando grande interesse, soprattutto nella produzione dei basamenti e teste motore dei motori diesel, di nuova generazione, che sviluppano potenze specifiche molto elevate rispetto ai motori del recente

in ghisa sferoidale ottenendo ottimi risultati.

La CGI rappresenta una novità interessante per i progettisti e per la fonderia, il suo impiego per ora è limitato al settore motoristico e non è da escludere un suo futuro impiego anche in altri settori.

Ing. E. Flamigni, Consorzio Fonderie SCM, Villa Verucchio (Rimini).