

<b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b>	<b>102021000032792</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>28/12/2021</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>28/06/2023</b>

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	22	C	37	10

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	16	D	65	12

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	22	C	37	08

Titolo

<b>GHISA GRIGIA, IN PARTICOLARE PER COMPONENTI DI FRENI A DISCO</b>
---

TITOLO: GHISA GRIGIA, IN PARTICOLARE PER COMPONENTI DI  
FRENI A DISCO

RICHIEDENTE: FRENI BREMBO S.P.A.

### Descrizione

5       Campo dell'invenzione

La presente invenzione riguarda una ghisa, in particolare per la realizzazione di un disco per freni a disco, nonché un disco realizzato con detta ghisa.

Stato dell'arte

10       I dischi per freni a disco (dischi freno) realizzati in ghisa grigia sono particolarmente soggetti a fenomeni di usura in corrispondenza delle fasce di frenatura. Oltre a condizionare inevitabilmente la durata dei dischi, tali fenomeni di usura contribuiscono all'emissione in  
15       atmosfera di particolato PM10, con conseguenze negative sull'ambiente e sulla salute umana.

Infatti, i dischi freno, consumandosi, rilasciano nell'ambiente particelle metalliche micrometriche generate dallo sfregamento dei dischi contro le pastiglie. Alcune  
20       di queste particelle aderiscono al cerchio della ruota, mentre altre cadono a terra o si disperdono nell'aria. Le particelle da usura dei freni costituiscono quindi una non trascurabile fonte di inquinamento atmosferico.

Pertanto, l'esigenza di realizzare dischi freno in  
25       ghisa grigia dotati di una elevata resistenza ad usura è

molto sentita nel settore automotive, in particolare per i veicoli ad elevate prestazioni e le applicazioni frenanti più estreme, ad esempio auto di alta gamma o moto da competizioni.

5       Una aumentata resistenza all'usura porterebbe infatti ad un incremento della durata dei dischi freno nonché ad una riduzione dell'emissione di polveri metalliche nell'ambiente.

10       I dischi freno sono sottoposti a sollecitazioni meccaniche e termiche di elevata intensità, le quali comportano il raggiungimento di elevate temperature sulle fasce di frenatura che possono portare a cali delle prestazioni di frenata se non addirittura alla formazione di cricche su dette fasce di frenatura.

15       Inoltre, i dischi freno sono soggetti a fenomeni di corrosione. È quindi particolarmente sentita l'esigenza che i dischi freno in ghisa grigia presentino anche una elevata resistenza alla corrosione che ne incrementi la durata. L'aumento della resistenza all'usura non deve  
20 quindi influire negativamente sulla resistenza alla corrosione.

Pertanto, il problema che sta alla base della presente invenzione è quello di mettere a disposizione una ghisa grigia che sia in grado di esibire elevata resistenza

all'usura, senza influire negativamente sulla resistenza meccanica e sulla resistenza alla corrosione.

#### Sommario dell'invenzione

Il problema sopra enunciato è risolto da una ghisa  
5 grigia, nonché da un disco per freni a disco, come delineati nelle annesse rivendicazioni, le cui definizioni formano parte integrante della presente descrizione.

La ghisa grigia oggetto della presente invenzione mostra vantaggiosamente una più elevata resistenza  
10 all'usura, che permette a sua volta di ridurre drasticamente le emissioni di particolato PM10 in atmosfera con conseguenti vantaggi sull'ambiente e sulla salute umana.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione  
15 risulteranno maggiormente dalla descrizione di alcuni esempi di realizzazione, fatta qui di seguito a titolo indicativo e non limitativo.

#### Descrizione dettagliata dell'invenzione

È oggetto della presente invenzione una ghisa grigia  
20 comprendente carbonio, silicio, titanio, boro, vanadio, manganese, nichel, cromo, rame, fosforo, zolfo, stagno e molibdeno, all'interno di una matrice ferrosa. Tali elementi alliganti sono contenuti nella ghisa grigia secondo l'invenzione nelle seguenti quantità percentuali

in peso, in cui detti valori percentuali sono rispetto al peso totale della ghisa:

carbonio in una quantità compresa tra 3,60 e 3,90% in peso;

5        silicio in una quantità compresa tra 1,40 e 1,90% in peso;

titanio in una quantità non superiore a 0,10% in peso;

boro in una quantità compresa tra 0,04 e 0,07% in peso;

10       vanadio in una quantità compresa tra 0,07 e 0,14% in peso;

manganese in una quantità compresa tra 0,60% e 0,90% in peso;

nickel in una quantità non superiore a 0,20% in peso;

15       cromo in una quantità non superiore a 0,35% in peso;

rame in una quantità non superiore a 0,35% in peso;

fosforo in una quantità non superiore a 0,10% in peso;

zolfo in una quantità non superiore a 0,12% in peso;

stagno in una quantità non superiore a 0,10% in peso;

20       molibdeno in una quantità non superiore a 0,10% in peso.

Opzionalmente, detta ghisa grigia può comprendere tungsteno, ad esempio in una quantità non superiore a 0,15% in peso oppure non superiore a 0,12% in peso. In una forma  
25 di realizzazione specifica, detta ghisa comprende

tungsteno in una quantità non superiore a 0,02% in peso, ad esempio non superiore a 0,012% in peso.

Nella suddetta ghisa grigia, il carbonio è in forma di grafite.

5        Preferibilmente, la quantità di carbonio è compresa tra 3,65 e 3,85% in peso, più preferibilmente tra 3,70 e 3,80% in peso, ancor più preferibilmente tra 3,75 e 3,80% in peso.

10       Preferibilmente, la quantità di silicio è compresa tra 1,50 e 1,80% in peso, più preferibilmente tra 1,50 e 1,70% in peso, ancor più preferibilmente tra 1,60 e 1,65% in peso.

15       Preferibilmente, la quantità di titanio è non superiore a 0,08% in peso, più preferibilmente è compresa tra 0,01 e 0,05% in peso, ancora più preferibilmente è compresa tra 0,01 e 0,03% in peso.

Preferibilmente, la quantità di boro è compresa tra 0,04 e 0,06% in peso, più preferibilmente è compresa tra 0,04 e 0,05% in peso.

20       Preferibilmente, la quantità di vanadio è compresa tra 0,08 e 0,12% in peso, più preferibilmente è compresa tra 0,09 e 0,11% in peso.

Preferibilmente, la quantità di manganese è compresa tra 0,60 e 0,80% in peso, più preferibilmente è compresa

tra 0,60 e 0,70% in peso, ancor più preferibilmente è compresa tra 0,65 e 0,70% in peso.

Preferibilmente, la quantità di nichel è non superiore a 0,10% in peso, ad esempio è non superiore a  
5 0,08% in peso, a 0,05% in peso, a 0,04% in peso.

Preferibilmente, la quantità di cromo è compresa tra 0,10 e 0,30% in peso, ad esempio tra 0,10 e 0,20% in peso.

Preferibilmente, la quantità di rame è non superiore a 0,30% in peso, più preferibilmente è compresa tra 0,10  
10 e 0,30% in peso.

Preferibilmente, la quantità di fosforo è non superiore a 0,08% in peso, più preferibilmente è compresa tra 0,02 e 0,07% in peso, ancor più preferibilmente è compresa tra 0,03 e 0,05% in peso.

15 Preferibilmente, la quantità di zolfo è non superiore a 0,10% in peso, più preferibilmente è compresa tra 0,05 e 0,09% in peso, ancor più preferibilmente è compresa tra 0,07 e 0,08% in peso.

20 Preferibilmente, la quantità di stagno è non superiore a 0,08% in peso, più preferibilmente è compresa tra 0,02 e 0,07% in peso, ancor più preferibilmente è compresa tra 0,02 e 0,05% in peso.

Preferibilmente, la quantità di molibdeno è non superiore a 0,08% in peso, più preferibilmente è compresa

tra 0,02 e 0,07% in peso, ancor più preferibilmente è compresa tra 0,03 e 0,05% in peso.

Preferibilmente, detta ghisa grigia è costituita, o è essenzialmente costituita, dai suddetti elementi  
5 alliganti e da detta matrice ferrosa, vale a dire che la restante quantità in peso di ghisa grigia, rispetto alle quantità degli elementi alliganti come definite sopra, è costituita, o è essenzialmente costituita, da detta matrice ferrosa. L'espressione "essenzialmente costituita  
10 da" denota che la ghisa grigia dell'invenzione, oltre ai suddetti elementi alliganti e alla matrice ferrosa, può comprendere impurità, come ad esempio niobio e/o alluminio, ciascuna in quantità inferiore a 0,01% in peso; preferibilmente, la ghisa grigia dell'invenzione contiene  
15 impurità in una quantità complessiva inferiore allo 0,01% in peso.

In accordo con una forma di realizzazione dell'invenzione, detta ghisa grigia ha la seguente composizione:

20        3,77% in peso di carbonio;  
         1,65% in peso di silicio;  
         0,0103% in peso di titanio;  
         0,0437% in peso di boro;  
         0,101% in peso di vanadio;  
25        0,673% in peso di manganese;



0,0366% in peso di nichel;  
0,198% in peso di cromo;  
0,207% in peso di rame;  
0,0363% in peso di fosforo;  
5 0,0769% in peso di zolfo;  
0,024% in peso di stagno;  
0,0317% in peso di molibdeno;  
0,012% in peso di tungsteno,

la restante quantità in peso essendo costituita  
10 essenzialmente dalla matrice ferrosa.

Preferibilmente, la ghisa grigia dell'invenzione è di tipo lamellare fine e il carbonio ivi contenuto è principalmente sotto forma di grafite lamellare. Preferibilmente, detta ghisa grigia comprende lamelle  
15 sottili di grafite appartenenti alla categoria indicata con il numero romano "I". Preferibilmente, le lamelle di grafite hanno dimensioni indicate con i numeri di riferimento da 3 a 8, preferibilmente da 3 a 5. La forma e le dimensioni della grafite di cui sopra sono come  
20 classificate nella norma UNI EN ISO 945-1.

Preferibilmente, la matrice ferrosa della ghisa grigia è di tipo perlitico.

Preferibilmente, detta ghisa grigia comprende perlite in una quantità non inferiore al 95% in peso rispetto al  
25 peso della matrice ferrosa. Preferibilmente, detta ghisa

grigia comprende perlite in una quantità superiore al 95% in peso, oppure superiore al 96% in peso, oppure superiore al 97% in peso, oppure superiore al 98% in peso, oppure superiore al 99% in peso, rispetto al peso della matrice  
5 ferrosa.

Preferibilmente, detta ghisa grigia comprende ferrite in una quantità non superiore al 5% in peso rispetto al peso della matrice ferrosa. In accordo con diverse forme di realizzazione, detta ghisa grigia comprende ferrite in  
10 una quantità inferiore al 5% in peso, oppure inferiore al 4% in peso, oppure inferiore al 3% in peso, oppure inferiore al 2% in peso, oppure inferiore all'1% in peso, rispetto al peso della matrice ferrosa. In accordo con una forma di realizzazione preferita, detta ghisa grigia  
15 comprende ferrite in una quantità di circa l'1% in peso rispetto al peso della matrice ferrosa. In accordo con un'altra forma di realizzazione preferita, detta ghisa grigia non comprende ferrite.

Preferibilmente, detta ghisa grigia comprende  
20 cementite e carburi liberi in una quantità non superiore al 5% in peso rispetto al peso della matrice ferrosa. In accordo con diverse forme di realizzazione, detta ghisa grigia comprende cementite e carburi liberi in una quantità inferiore al 5% in peso, oppure inferiore al 4% in peso,  
25 oppure inferiore al 3% in peso, oppure inferiore al 2% in

peso, oppure inferiore all'1% in peso, rispetto al peso della matrice ferrosa. In accordo con una forma di realizzazione preferita, detta ghisa grigia comprende cementite e carburi liberi in una quantità non superiore  
5 all'1% in peso, o inferiore all'1% in peso, rispetto al peso della matrice ferrosa.

Vantaggiosamente, la ghisa grigia della presente invenzione può essere utilizzata per la produzione di componenti di freni a disco. Vantaggiosamente, la ghisa  
10 grigia della presente invenzione può essere utilizzata per produrre almeno una fascia di frenatura di un disco per freni a disco di qualsiasi tipo.

#### Prove sperimentali

Sono state condotte prove sperimentali di usura,  
15 comparando un disco freno realizzato con una ghisa grigia secondo la presente invenzione (Esempio 1) e un disco freno realizzato con una ghisa grigia che non è oggetto della presente invenzione (Esempio comparativo).

#### Esempio comparativo

20 È stato realizzato un disco freno con una ghisa grigia avente la seguente composizione: 3,74% in peso di carbonio; 1,65% in peso di silicio; 0,55% in peso di manganese; 0,1% in peso di nichel; 0,15% in peso di cromo; 0,1% in peso di molibdeno; 0,2% in peso di rame; <0,1% in peso di zolfo;  
25 <0,08% in peso di fosforo; 0,023% in peso di stagno; <0,09%

in peso di titanio; la restante parte in peso essendo costituita da una matrice ferrosa. Detta matrice ferrosa è costituita da 1% in peso di ferrite, 98,5% in peso di perlite e 0,5% in peso di carburi.

5 Il disco freno realizzato con detta ghisa grigia è denominato nel seguito come "Disco comparativo".

#### Esempio 1

È stato realizzato un disco freno, identico al disco comparativo, ma utilizzando una ghisa grigia secondo  
10 l'invenzione, avente la seguente composizione: 3,77% in peso di carbonio; 1,65% in peso di silicio; 0,0103% in peso di titanio; 0,0437% in peso di boro; 0,101% in peso di vanadio; 0,673% in peso di manganese; 0,0366% in peso di nichel; 0,198% in peso di cromo; 0,207% in peso di rame;  
15 0,0363% in peso di fosforo; 0,0769% in peso di zolfo; 0,024% in peso di stagno; 0,0317% in peso di molibdeno; 0,012% in peso di tungsteno; la restante parte in peso essendo costituita essenzialmente da una matrice ferrosa.

La matrice ferrosa è costituita da 95,96% in peso di  
20 perlite e 4,04% in peso di carburi. Le lamelle di grafite appartengono alla categoria "I" definita sopra, e hanno dimensioni indicate con i numeri di riferimento da 3 a 5, come definite sopra.

Il disco freno realizzato con tale ghisa grigia è  
25 denominato nel seguito come "Disco 1".

### Prove sperimentali

Il "Disco comparativo" e il "Disco 1" secondo l'invenzione sono stati sottoposti a più ripetizioni della prova WLTP per il rilevamento di emissioni PM10 (1 ora di condizionamento con aria a 20°C e 50% di umidità relativa + 303 fermate (circa 7,5 ore di prove) + raffreddamento). I parametri utilizzati sono i seguenti:

Velocità media freno: 43,7 km/h;

Decelerazione: 0,49 - 2,18 m/s<sup>2</sup>;

10 Decelerazione media: 0,97 m/s<sup>2</sup>;

BT ("Braking Temperature"): da <40°C fino a 175°C;

Numero fermate: 303;

Distanza totale: 192 km.

Al termine di tale prova, è stata misurata la perdita di peso dei due dischi ("*Disc Mass Loss*"), con ottenimento dei seguenti risultati:

- "Disco comparativo": perdita di peso di 9,0 grammi,

- "Disco 1": perdita di peso di 7,8 grammi.

20 Emerge che, a parità di condizioni, il "Disco 1" ha subito una perdita di peso inferiore a quella subita dal "Disco comparativo".

Sono stati inoltre ricavati i fattori di emissione PM10 [mg km<sup>-1</sup>wheel<sup>-1</sup>] per i due dischi, in particolare:

25 - "Disco comparativo": fattore di emissione PM10 (PM10 EF) di 1,92 mg km<sup>-1</sup>wheel<sup>-1</sup>,

- "Disco 1": fattore di emissione PM10 (PM10 EF) di 0,77 mg km<sup>-1</sup>wheel<sup>-1</sup>.

Emerge che il fattore di emissione PM10 è significativamente inferiore per il "Disco 1" rispetto al  
5 "Disco Comparativo".

Dai risultati di cui sopra, è evidente come la ghisa grigia secondo l'invenzione mostri vantaggiosamente una più elevata resistenza all'usura rispetto alla ghisa grigia standard presa come riferimento, permettendo di  
10 conseguenza di ridurre drasticamente le emissioni in atmosfera di particolato PM10.

Il "Disco 1" e il "Disco comparativo" sono stati inoltre caratterizzati da un punto di vista meccanico e dei parametri funzionali. I risultati sono riportati nella  
15 Tabella 1:

	Disco comparativo	Disco 1
Resistenza a trazione Rm [MPa]	190	215
Durezza [HB]	180-186	224
Modulo di Young [GPa]	ND	119
Corrosione [% perdita di peso]	0,29	0,23

Tabella 1

Da un confronto dei dati riportati in tabella 1 emerge che il "Disco 1" ha prestazioni in termini di resistenza

meccanica e resistenza alla corrosione sostanzialmente paragonabili a quelli del "Disco comparativo".

Come si può apprezzare da quanto descritto, la ghisa grigia della presente invenzione consente di superare gli  
5 inconvenienti presentati nella tecnica nota.

In particolare, la ghisa in accordo con la presente invenzione e i relativi dischi freno realizzati con detta ghisa offrono una resistenza all'usura superiore, ed emissioni in atmosfera di particolato PM10  
10 significativamente inferiori, rispetto alla ghisa grigia standard presa come riferimento, ciò senza tradursi in uno scadimento della resistenza meccanica e della resistenza alla corrosione.

È evidente che quella che è stata descritta è solo  
15 una forma particolare di realizzazione della presente invenzione. L'esperto dell'arte sarà in grado di apportare alla ghisa e al disco freno tutte quelle modifiche necessarie per l'adattamento a particolari condizioni, senza peraltro discostarsi dall'ambito di protezione come  
20 definito nelle annesse rivendicazioni.

## RIVENDICAZIONI

1. Ghisa grigia comprendente carbonio, silicio, titanio, boro, vanadio, manganese, nichel, cromo, rame, fosforo, zolfo, stagno e molibdeno in una matrice ferrosa,  
5 in cui:

la quantità di carbonio è compresa tra 3,60 e 3,90%  
in peso;

la quantità di silicio è compresa tra 1,40 e 1,90% in  
peso;

10 la quantità di titanio è non superiore a 0,10% in  
peso;

la quantità di boro è compresa tra 0,04 e 0,07% in  
peso;

la quantità di vanadio è compresa tra 0,07% e 0,14%  
15 in peso;

la quantità di manganese è compresa tra 0,60% e 0,90%  
in peso;

la quantità di nichel è non superiore a 0,20% in peso;

la quantità di cromo è non superiore a 0,35% in peso;

20 la quantità di rame è non superiore a 0,35% in peso;

la quantità di fosforo è non superiore a 0,10% in  
peso;

la quantità di zolfo è non superiore a 0,12% in peso;

la quantità di stagno è non superiore a 0,10% in peso;



la quantità di molibdeno è non superiore a 0,10% in peso.

2. Ghisa secondo la rivendicazione 1, comprendente  
5 inoltre tungsteno in una quantità non superiore a 0,15% in peso, ad esempio non superiore a 0,012% in peso.

3. Ghisa secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui la  
quantità di carbonio è compresa tra 3,65 e 3,85% in peso,  
10 preferibilmente tra 3,70 e 3,80% in peso.

4. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni  
precedenti, in cui la quantità di silicio è compresa tra  
1,50 e 1,80% in peso, preferibilmente tra 1,50 e 1,70% in  
15 peso.

5. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni  
precedenti, in cui la quantità di titanio è non superiore  
a 0,08% in peso, preferibilmente è compresa tra 0,01 e  
20 0,05% in peso.

6. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni  
precedenti, in cui la quantità di boro è compresa tra 0,04  
e 0,06% in peso, preferibilmente è compresa tra 0,04 e  
25 0,05% in peso.

7. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la quantità di vanadio è compresa tra 0,08 e 0,12% in peso.

5

8. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la quantità di manganese è compresa tra 0,60 e 0,80% in peso, preferibilmente è compresa tra 0,60 e 0,70% in peso.

10

9. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la quantità di nichel è non superiore a 0,10% in peso.

15

10. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la quantità di cromo è compresa tra 0,10 e 0,30% in peso.

11. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la quantità di rame è non superiore a 0,30% in peso, preferibilmente è compresa tra 0,10 e 0,30% in peso.

20

12. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la quantità di fosforo è non superiore a 0,08% in peso.

5 13. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la quantità di zolfo è non superiore a 0,10% in peso.

14. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni  
10 precedenti, in cui la quantità di stagno è non superiore a 0,08% in peso.

15 15. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la quantità di molibdeno è non superiore a 0,08% in peso.

16. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la restante quantità in peso è costituita, o è essenzialmente costituita, dalla matrice  
20 ferrosa.

17. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, detta ghisa grigia essendo di tipo lamellare fine, preferibilmente detta ghisa grigia comprendendo  
25 lamelle sottili di grafite appartenenti alla categoria

indicata con il numero romano "I" secondo la norma UNI EN ISO 945-1.

18. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni  
5 precedenti, in cui la matrice ferrosa di detta ghisa grigia è di tipo perlitico, preferibilmente la percentuale in peso di perlite rispetto al peso della matrice ferrosa è non inferiore al 95%.

10 19. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente ferrite in una quantità inferiore al 5% in peso rispetto al peso della matrice ferrosa, preferibilmente in una quantità di circa l'1% in peso.

15 20. Ghisa secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente cementite e carburi liberi in una quantità non superiore al 5% in peso, preferibilmente non superiore all'1% in peso, rispetto al peso della matrice ferrosa.

20

21. Disco per freni a disco, comprendente una fascia di frenatura realizzata in una ghisa grigia in accordo con una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti.