

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102020000031880
Data Deposito	22/12/2020
Data Pubblicazione	22/06/2022

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	16	D	65	12

Titolo

METODO DI REALIZZAZIONE DI UNA FASCIA DI FRENATURA PER DISCO FRENO IN TITANIO, FASCIA DI FRENATURA E DISCO FRENO IN TITANIO

TITOLARE: FRENI BREMBO S.P.A.

DESCRIZIONE

CAMPO DI APPLICAZIONE

5 La presente invenzione riguarda una fascia di frenatura per un disco freno per freni a disco, un disco freno e un metodo di realizzazione della fascia di frenatura e del disco freno.

STATO DELLA TECNICA

10 Un disco freno di un impianto frenante a disco di un veicolo comprende una struttura anulare, o fascia di frenatura, e un elemento di fissaggio centrale, noto come campana, tramite il quale il disco è fissato alla parte rotante di una sospensione di un veicolo, ad
15 esempio un mozzo. La fascia di frenatura è munita di due lati di frenatura (o superfici di frenatura) contrapposti adatti a cooperare con elementi di attrito (pastiglie freno), alloggiate in almeno un corpo pinza posto a cavaliere di tale fascia di frenatura e solidale
20 ad un componente non rotante della sospensione del veicolo. La comandata interazione tra le opposte pastiglie freno e le contrapposte superfici di frenatura della fascia frenante determinano per attrito un'azione di frenatura che permette la decelerazione o arresto del
25 veicolo.

Generalmente, il disco freno è realizzato in ghisa grigia o in acciaio. Questo materiale consente, infatti, di ottenere buone prestazioni frenanti (soprattutto in termini di contenimento dell'usura) a costi
5 relativamente contenuti. Dischi realizzati in carbonio o in materiali carbo-ceramici offrono prestazioni decisamente superiori, ma a costi molto più elevati.

I limiti dei dischi tradizionali, in ghisa o acciaio, sono legati all'eccessivo peso, all'eccessiva usura e
10 all'eccessiva corrosione. Per quanto riguarda i dischi in ghisa grigia un altro aspetto molto negativo è legato all'eccessiva ossidazione superficiale, con conseguente formazione di ruggine. Questo aspetto impatta sia sulle prestazioni del disco freno, sia sul suo aspetto, in
15 quanto la ruggine sul disco freno è esteticamente inaccettabile dall'utilizzatore. Si è cercato di affrontare tali problemi realizzando i dischi in ghisa grigia o acciaio con un rivestimento protettivo. Il rivestimento protettivo serve da un lato a ridurre
20 l'usura del disco, e dall'altro a proteggere la base di ghisa grigia dall'ossidazione superficiale, evitando in tal modo la formazione di uno strato di ruggine. I rivestimenti protettivi ad oggi disponibili e applicati su dischi, pur offrendo resistenza all'usura, sono però
25 soggetti a sfogliamenti che ne determinano il distacco

dal disco stesso.

Un rivestimento protettivo di questo tipo è descritto ad esempio nel brevetto US4715486, relativo ad un freno a disco a bassa usura. Il disco, realizzato in particolare
5 in ghisa, ha un rivestimento realizzato con un materiale particellare depositato sul disco con tecnica ad impatto ad elevata energia cinetica. Tale tipologia di disco soffre di distaccamenti dei tradizionali rivestimenti protettivi da dischi in ghisa grigia o acciaio, con
10 formazione di microbolle all'interno del rivestimento, le quali possono impedire una adeguata adesione del rivestimento sul disco, favorendone il distacco.

Un ulteriore esempio di disco freno in ghisa con uno strato di rivestimento protettivo è altresì descritto
15 nel brevetto EP3658798 A1. Questa tipologia di disco richiede la presenza di strati di adesione o trattamenti superficiali interposti tra la ghisa e il rivestimento per rendere più efficace l'adesione.

Da quanto sopra esposto risulta evidente che i dischi in
20 ghisa grigia o acciaio dotati di rivestimenti protettivi sono poco adatti al settore dei sistemi frenanti per elevate prestazioni.

È quindi molto sentita nel settore l'esigenza di risolvere gli inconvenienti citati in riferimento
25 all'arte nota. In particolare è sentita l'esigenza di

disporre di dischi che siano in grado di aumentare la resistenza all'usura, alla corrosione e che siano al tempo stesso il più possibile leggeri.

PRESENTAZIONE DELL'INVENZIONE

5 L'esigenza di disporre di dischi dotati di rivestimenti che non siano soggetti a sfogliamenti o ad un generico distacco dei rivestimenti, che garantiscano nel tempo una resistenza all'usura e alla corrosione, e che abbiano un peso il più possibile contenuto è soddisfatta da un
10 metodo per realizzare una fascia di frenatura e di un disco freno, ad una fascia di frenatura e ad un disco freno per freno a disco in accordo con le rivendicazioni indipendenti allegate.

DESCRIZIONE DEI DISEGNI

15 Ulteriori caratteristiche ed i vantaggi della presente invenzione risulteranno maggiormente comprensibili dalla descrizione di seguito riportata di suoi esempi preferiti e non limitativi di realizzazione, in cui:

- la Figura 1 mostra una vista in pianta dall'alto di un
20 disco freno in accordo ad una forma realizzativa della presente invenzione;
- la Figura 2 mostra una vista in sezione del disco freno di Figura 1 secondo la linea di sezione A-A ivi indicata;
- la Figura 3 mostra un dettaglio ingrandito della Figura
25 2, relativo ad una porzione della fascia di frenatura

indicato nel riquadro B ivi riportato, in accordo ad una forma di realizzazione della presente invenzione;

- la Figura 4 mostra un dettaglio ingrandito della Figura 2, relativo ad una porzione della fascia di frenatura
5 indicato nel riquadro B ivi riportato, in accordo ad un'altra forma di realizzazione della presente invenzione.

Gli elementi o parti di elementi in comune tra le forme di realizzazione descritte nel seguito saranno indicati
10 con medesimi riferimenti numerici.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA

Con riferimento alle suddette figure, con 1 si è globalmente indicato un disco freno secondo la presente invenzione.

15 In accordo ad una soluzione realizzativa generale dell'invenzione, illustrata nelle figure allegate, il disco freno 1 comprende una fascia di frenatura 2, dotata di due superfici di frenatura contrapposte 2a e 2b, ciascuna delle quali definisce almeno parzialmente una
20 dei due lati (o facce) principali del disco freno.

La fascia di frenatura 2 è costituita da una fascia di base 20, avente una faccia superiore 20a e una faccia inferiore 20b disposta da parte opposta, cioè contrapposta, rispetto alla faccia superiore 20a.

25 Ciascuna faccia inferiore 20b e superiore 20a definendo

almeno parzialmente uno dei due lati del disco freno 1.

La fascia di base 20 è per la maggior parte o interamente in titano o in lega di titanio, preferibilmente è una lega di titanio (Ti) e alluminio (Al), ancor più preferibilmente una lega di titanio (Ti), alluminio (Al) e vanadio (V), preferibilmente una lega Ti6Al4V.

In accordo ad una forma di realizzazione, la fascia di base 20 è per la maggior parte o interamente in Ti6242 (Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo).

10 Nel proseguo della presente trattazione, laddove si indicherà lega di titanio, è sottinteso che siano ricomprese le leghe di titanio sopra menzionate.

È chiaro che con lega di titanio e alluminio si intendono quindi tutte le possibili leghe adatte ad essere operate

15 in operazioni di trafilatura e successiva lavorazione meccanica oppure in operazioni di fusione e successiva lavorazione meccanica.

In accordo ad una forma di realizzazione, tutto il disco freno 1 è in titanio o lega di titanio.

20 La fascia di frenatura 2 è dotata di uno strato di rivestimento superiore 3, unito alla fascia di base 20 lungo la faccia superiore 20a, cioè preferibilmente direttamente unito alla fascia di base 20.

La fascia di frenatura 2 è dotata di uno strato di rivestimento inferiore 3', unito alla fascia di base 20

25

lungo la faccia inferiore 20b, cioè preferibilmente direttamente unito alla fascia di base 20.

Lo strato di rivestimento superiore 3 e lo strato di rivestimento inferiore 3' sono costituiti da una miscela
5 di particelle ceramiche e metalliche e/o intermetalliche.

Secondo una forma di realizzazione, la variante in cui lo strato di rivestimento superiore 3 e/o lo strato di rivestimento inferiore 3' direttamente uniti alla fascia
10 di base 20, prevede che la miscela di particelle ceramiche e metalliche sia costituita da carburo di cromo (CrC) e Nickel-Cromo (NiCr), oppure una superlega Nickel-Cromo.

Secondo una forma di realizzazione, la variante in cui
15 lo strato di rivestimento superiore 3 e/o lo strato di rivestimento inferiore 3' è direttamente unito alla fascia di base 20, prevede che la miscela di particelle ceramiche e metalliche sia costituita da Carburo di Cromo e Ferro (Fe), Cromo (Cr), Alluminio (Al).

20 Ulteriore forme di realizzazioni alternative prevedono di sostituire il carburo di Cromo in tutte le precedenti varianti con un carburo scelto nel gruppo tra: carburo di Tungsteno (WC), carburo di Silicio (SiC), Carburo di Niobio (NbC) e carburo di Titanio (TiC).

25 Ulteriori forme di realizzazione alternative prevedono

insieme al Nickel-Cromo (NiCr), oppure alla miscela di Ferro (Fe), Cromo (Cr), Alluminio (Al), una miscela di uno o più dei seguenti carburi: carburo di Cromo (CrC), carburo di Tungsteno (WC), carburo di Silicio (SiC),
5 Carburo di Niobio (NbC) e carburo di Titanio (TiC).

La sinergica combinazione tra fascia di base in titanio o lega di titanio e lo strato di rivestimento superiore o inferiore 3, 3' dotato di particelle ceramiche e metalliche, consente sorprendentemente di garantire un
10 potenziale di corrosione estremamente elevato, maggiore di -400mV rispetto al SCE (Elettrodo a calomelano saturo), (maggiore è il potenziale di corrosione, meno si corrode il manufatto). Conseguentemente, la sinergica combinazione tra fascia di base in titanio o lega di
15 titanio e lo strato di rivestimento superiore o inferiore 3, 3' consente di garantire una maggiore resistenza alla corrosione rispetto alle soluzioni oggi note e comunemente impiegate per la realizzazione di dischi freno.

20 In accordo ad una forma di realizzazione vantaggiosa, lo strato di rivestimento superiore 3 e lo strato di rivestimento inferiore 3' sono costituiti da una miscela di particelle comprendenti almeno un carburo di metallo di transizione e almeno un metallo o un composto
25 intermetallico (lega).

Più in particolare, in accordo ad una variante di realizzazione ancor più vantaggiosa, lo strato di rivestimento superiore 3 e lo strato di rivestimento inferiore 3' sono costituiti da carburo di tungsteno (WC), Ferro (Fe), Cromo (Cr) e Alluminio (Al) e sono
5 ottenuti depositando direttamente sulla fascia di base 20 carburo di Tungsteno (WC), Ferro (Fe), Cromo (Cr) e Alluminio (Al) in forma particellare con apposita tecnica di deposizione. Preferibilmente, la tecnica di
10 deposizione è una tecnica per spruzzatura, ad esempio con tecnica HVOF (High Velocity Oxygen Fuel), o con tecnica HVOF (High Velocity Air Fuel) o con tecnica KM (Kinetic Metallization). Ulteriormente, di preferenza, la tecnica di deposizione è una deposizione plasma, ad
15 esempio APS (atmospheric plasma deposition), oppure una tecnica di deposizione laser, ad esempio una tecnica di laser cladding.

In accordo ad un ulteriore aspetto dell'invenzione, come illustrato schematicamente nella figura 4, la superficie
20 di frenatura 2a o 2b ottenuta dal suddetto strato di rivestimento superiore 3 o inferiore 3' non è direttamente adesa alla fascia di base 20, ma vi è interposto un rivestimento protettivo di base 30, direttamente disposto tra la fascia di base 20 e lo
25 strato di rivestimento superiore 3 o inferiore 3' nella

direzione assiale X' parallela all'asse di rotazione X del disco freno 1 quando montato sul mozzo ruota.

Il rivestimento protettivo di base 30 è costituito da un materiale in forma particellare costituito da:

- 5 - carburo di Cromo (Cr_3C_2) e Nickel-Cromo (NiCr), oppure
 - Nickel-Cromo (NiCr), Ferro (Fe), Molibdeno (Mo), Cobalto (Co), Manganese (Mn) e Alluminio (Al),
- con tecnica di deposizione per spruzzatura, preferibilmente HVOF (High Velocity Oxygen Fuel), o con
- 10 tecnica HVOF (High Velocity Air Fuel) o con tecnica KM (Kinetic Metallization), o con tecnica di deposizione laser oppure con tecnica di laser cladding oppure con tecnica di Thermal spray.

Lo strato protettivo di base 30 è quindi aggrappato

15 direttamente sul titanio o sulla lega di titanio che forma la fascia di base 20 della fascia di frenatura 2. Preferibilmente, il rivestimento protettivo di base 30 è costituito:

- da 65 % a 95% di carburo di Cromo (Cr_3C_2) e per il
- 20 restante da Nickel-Cromo (NiCr) oppure
- da Nickel-Cromo (NiCr) con contenuto in peso di Nickel (Ni) dal 40% a 75% e con contenuto in peso di Cromo (Cr) dal 14% al 30%, e per il restante da Ferro (Fe), Molibdeno (Mo), opzionalmente Cobalto (Co),
- 25 Manganese (Mn) e Alluminio (Al).

Preferibilmente, lo strato di rivestimento superiore 3 o inferiore 3' è costituito dal 75% all'87% in peso di carburo di Tungsteno (WC) e per il restante da Ferro (Fe), Cromo (Cr) e Alluminio (Al). Ancora più
5 preferibilmente, lo strato di rivestimento superiore 3 o inferiore 3' è costituito dal 75% all'87% in peso di carburo di Tungsteno (WC) e dalla rimanente parte in Ferro (Fe), Cromo (Cr) e Alluminio (Al).

Vantaggiosamente, il rivestimento protettivo di base 30
10 ha uno spessore compreso tra 10 μm e 250 μm , preferibilmente tra 15 e 150 μm e ancor più preferibilmente tra 20 μm e 90 μm , mentre lo strato di rivestimento superiore 3 o inferiore 3' ha uno spessore compreso tra 10 μm e 250 μm , preferibilmente tra 15 μm
15 e 150 μm , ancor più preferibilmente tra 20 e 90 μm .

Si è potuto verificare che sorprendentemente la presenza del Titanio e di uno strato di rivestimento formato da ceramiche e metalli, cioè da particelle di composti ceramici disperse in matrice metallica e/o
20 intermetallica, consente di ridurre significativamente la corrodibilità del disco freno, garantendo al tempo stesso di evitare l'insorgenza di fenomeni di sfogliamento o generico distacco dei rivestimenti.

Lo spessore del rivestimento protettivo di base 30 e
25 dello strato di rivestimento superiore 3 e inferiore 3'

è definito in modo da evitare spessori troppo sottili che potrebbero venire abrasati durante la frenata (o far valere meno l'effetto anti corrosivo) e spessori troppo elevati che potrebbero avere problemi di distacco. Il
5 distacco con alti spessori può essere provocato dal differente comportamento del titanio rispetto al materiale dei rivestimenti: uno strato spesso e rigido potrebbe non seguire le deformazioni del disco e quindi provocare fratture e distacchi degli strati di
10 rivestimento protettivo di base oppure superiore e inferiore. In altre parole, lo spessore del rivestimento protettivo di base 30 o dello strato di rivestimento superiore 3 e inferiore 3' può determinare tensioni meccaniche più o meno ingenti all'interfaccia tra
15 rivestimento e materiale sottostante, tali da rischiare di provocare il distacco del rivestimento stesso.

Inoltre, in maniera sorprendente, si è verificato sperimentalmente che la combinazione tra fascia di base 20 in lega di Titanio e lo strato di rivestimento preferibilmente formato da carburo di Tungsteno e Ferro, Cromo e Alluminio, garantisce un potenziale di corrosione superiore a -370mV vs SCE.

Si è inoltre verificato sperimentalmente che una siffatta fascia di frenatura garantisce un'elevata
25 resistenza meccanica e una minor fragilità rispetto ai

dischi in ghisa/acciaio.

Ulteriormente, l'azione anticorrosiva è in ogni caso ulteriormente potenziata dalla presenza dello strato di rivestimento di base 30. Grazie alla composizione di tale rivestimento protettivo di base 30 (Cr₃C₂ e NiCr, oppure NiCr, Fe, Mo, Co, Mn e Al) e alla modalità di deposizione, anche tale rivestimento 30 svolge un'azione anticorrosiva sulla superficie di frenatura del disco freno.

10 L'azione anticorrosiva va a ulteriore beneficio dell'integrità e dell'adesione al disco freno dello strato di rivestimento superiore e inferiore 3,3', sebbene non indispensabile.

Nella forma di realizzazione in cui il rivestimento protettivo di base 30 è formato da Cr₃C₂ e NiCr, oppure
15 NiCr, Fe, Mo, Co, Mn e Al tale rivestimento di base 30 svolge anche una funzione meccanica di accoppiamento delle dilatazioni termiche del titanio, riducendo, quindi, i rischi di indebolimenti localizzati.

20 Per semplicità di trattazione, la fascia di frenatura 2 ed il disco freno 1 verranno ora altresì descritti contestualmente al metodo secondo la presente invenzione.

Il disco freno 1 comprende una fascia di frenatura 2 sin
25 qui descritta ed una campana 5 collegata a detta fascia

di frenatura 2.

In accordo ad una forma di realizzazione, la campana 5 è collegata di pezzo con la fascia di frenatura 2 ed è costituita da una cofusione in Titanio o lega di Titanio con la fascia di base 20.

In accordo ad una forma di realizzazione, la campana 5 è collegata di pezzo con la fascia di frenatura 2 ed è costituita da una cofusione in lega di alluminio con la fascia di base 20 in titanio o lega di titanio.

10 È chiaro che la fascia di frenatura 2 secondo la presente invenzione è collegabile anche con una campana 5 non cofusa (o realizzata di pezzo), ma attraverso mezzi di collegamento campana - fascia secondo le tecniche note (assemblaggio, calettatura per interferenza, chiodatura
15 e simili).

La fascia di frenatura 2 è realizzata preferibilmente, ma non necessariamente, con il metodo secondo l'invenzione che verrà ora descritto.

In accordo ad una forma generale di implementazione del
20 metodo secondo l'invenzione, il metodo comprende le seguenti fasi operative:

fase a): predisporre una fascia di frenatura 2 dotata di una fascia di base 20 avente una faccia superiore 20a e una faccia inferiore 20b disposta da
25 parte opposta, cioè contrapposta, rispetto alla faccia

superiore 20a, ciascuna faccia inferiore e superiore definendo almeno parzialmente uno dei due lati del disco freno 1, la fascia di base 20 essendo realizzata in titanio o lega di titanio;

- 5 fase b): depositare direttamente sopra almeno la faccia superiore 20a e/o inferiore 20b un materiale in forma particellare costituito da particelle ceramiche e metalliche, così da creare uno strato di rivestimento superiore 3 e/o inferiore 3' adatto a sopportare l'azione
10 frenante delle pinze di un freno a disco.

Per la realizzazione della fascia di frenatura 2 della fase a), quindi prima della fase b), opzionalmente, in accordo ad una forma di realizzazione, sono previste le seguenti fasi:

- 15 a1) realizzare una fascia di base 20 in Titanio per tranciatura o per fusione o per lavorazione per asportazione, o per forgiatura;
- a2) si lavora meccanicamente la faccia superiore 20a e la faccia inferiore 20b, al fine di ottenere una
20 superficie adatta a ricevere il materiale in forma particellare costituito da particelle ceramiche e metalliche.

- Nella variante di realizzazione del disco freno 1, realizzata per cofusione di una campana in alluminio, il
25 metodo comprende le fasi di:

s1) posizionare la fascia di frenatura 2 ottenuta in fase a) in uno stampo per fusione di alluminio;

s2) eseguire lo stampaggio per fusione di alluminio nello stampo, ad esempio mediante una tecnica di stampaggio per fusione per gravità oppure bassa pressione oppure pressofusione, oppure semi solid metal casting oppure squeeze casting, o simili;

S3) estrarre il disco freno grezzo ottenuto dalla cofusione di fascia di frenatura in titanio e campana in alluminio cofuso;

s4) eventualmente, cioè opzionalmente, lavorare il disco freno grezzo lungo la faccia superiore 20a e la faccia inferiore 20b, al fine di ottenere una superficie adatta a ricevere il materiale in forma particellare costituito da particelle ceramiche e metalliche.

È chiaro che, anche in questa variante di realizzazione, la fascia di frenatura 2 è costituita da una fascia di base 20 in Titanio ottenuta per tranciatura o per fusione o per lavorazione per asportazione, o per forgiatura.

In accordo ad una variante di realizzazione del disco freno 1, realizzata per cofusione di una campana in alluminio, le suddette fasi s1), s2) e s3) sono quindi eseguite prima della fase b) di creazione dello strato di rivestimento superiore 3 e/o inferiore 3', così da posizionare nello stampo di cofusione la fascia di

frenatura 2 non ancora rivestita.

In accordo ad un'altra variante di realizzazione del disco freno 1, realizzata per cofusione di una campana in alluminio, le suddette fasi s1), s2) e s3) sono
5 eseguite dopo la fase b) di creazione dello strato di rivestimento superiore 3 e/o inferiore 3', così da posizionare nello stampo di cofusione la fascia di frenatura 2 già rivestita. In questa variante, quindi, la fase s1) prevede di posizionare, in uno stampo per
10 fusione di alluminio, la fascia di frenatura 2 ottenuta dopo che sono state eseguite la fase a) e la fase b). Quindi, successivamente alla fase s1) sono poi eseguite le fasi s2) ed s3). Preferibilmente, la lavorazione effettuata nella fase b) comprende la fase di depositare
15 direttamente sopra almeno la faccia superiore 20a e/o inferiore 20b un materiale in forma particellare costituito da carburo di Tungsteno (WC), Ferro (Fe), Cromo (Cr) e Alluminio (Al), con tecnica di deposizione, preferibilmente deposizione per spruzzatura, ad esempio
20 HVOF (High Velocity Oxygen Fuel), o con tecnica HVOF (High Velocity Air Fuel) o con tecnica KM (Kinetic Metallization), formando uno strato di rivestimento superiore 3 e/o inferiore 3' adatto a sopportare l'azione frenante delle pinze di un freno a disco, cioè
25 costituendo almeno una delle due superfici di frenatura

2a, 2b della fascia di frenatura 2.

In accordo ad un secondo aspetto del metodo secondo l'invenzione, la fase b) può prevedere che, prima di depositare direttamente sopra almeno la faccia superiore 20a e/o inferiore 20b un materiale in forma particellare costituito da particelle ceramiche e metalliche, viene depositato un materiale in forma particellare costituito da:

- carburo di Cromo (Cr_3C_2) e Nickel-Cromo (NiCr), oppure
 - 10 - Nickel-Cromo (NiCr), Ferro (Fe), Molibdeno (Mo), Cobalto (Co), Manganese (Mn) e Alluminio (Al),
- con tecnica di deposizione per spruzzatura, preferibilmente HVOF (High Velocity Oxygen Fuel), o con tecnica HVOF (High Velocity Air Fuel) o con tecnica KM
- 15 (Kinetic Metallization), formando un rivestimento protettivo di base 30 che copre almeno la faccia superiore 20a e/o inferiore 20b della fascia di base 20 e disposto al di sotto dello strato di rivestimento superiore 3 e/o inferiore 3', adatto a sopportare
- 20 l'azione frenante delle pinze di un freno a disco.

Come già anticipato in precedenza, la lega di titanio della fascia di base 20 è preferibilmente una lega di titanio (Ti) e alluminio (Al), più preferibilmente una lega di titanio (Ti), alluminio (Al) e vanadio (V), ancor

25 più preferibilmente una lega $\text{Ti}_6\text{Al}_4\text{V}$.

Preferibilmente, il materiale in forma particellare
deposto nella fase b) di deposizione per realizzare il
rivestimento protettivo di base 30 è costituito da 65%
a 95% in peso di carburo di Cromo (Cr_3C_2) e per il
5 restante da Nickel-Cromo (NiCr).

Preferibilmente, il materiale in forma particellare
deposto nella fase b) di deposizione per realizzare lo
strato di rivestimento superiore o inferiore (3, 3') è
costituito dal 75% all'87% in peso di carburo di
10 Tungsteno (WC) e per il restante da Ferro (Fe), Cromo
(Cr) e Alluminio (Al), preferibilmente essendo
costituito dal 10% al 17% in peso di Ferro (Fe), dal
2,5% al 5,8% in peso di Cromo (Cr), dallo 0,6% al 2,2%
in peso di Alluminio (Al) e dal restante da carburo di
15 Tungsteno (WC), ancora più preferibilmente dall'85% in
peso di carburo di tungsteno (WC) e dal 15% in peso di
Ferro (Fe), Cromo (Cr) e Alluminio (Al).

Vantaggiosamente, il disco freno 1 viene predisposto con
una porzione atta al fissaggio del disco ad un veicolo,
20 costituita da una porzione anulare 4 disposta
centralmente al disco 1 e concentrica alla fascia di
frenatura 2. La porzione di fissaggio 4 supporta
l'elemento di connessione 5 al mozzo ruota (i.e. la
campana). La campana può essere realizzata di pezzo con
25 la porzione anulare di fissaggio 4 oppure essere

realizzata a parte e, quindi, fissata attraverso opportuni elementi di collegamento alla porzione di fissaggio.

La porzione anulare di fissaggio 4 può essere realizzata
5 nello stesso materiale della fascia di frenatura 2, cioè in titanio o lega di titanio, oppure in acciaio o alluminio. Anche la campana 5 può essere realizzata in titanio o lega di titanio oppure in un altro materiale adatto, come ad esempio l'acciaio o l'alluminio,
10 quest'ultimo garantendo la possibilità di mantenere il peso del disco ridotto. In particolare, tutto il disco (i.e. fascia di frenatura, porzione di fissaggio e campana) può essere realizzato in titanio o lega di titanio.

15 Preferibilmente, la fascia di frenatura 2 è realizzata per fusione. Analogamente, la porzione di fissaggio 4 e/o la campana 5 possono essere realizzate per fusione. La porzione anulare di fissaggio 4 può essere realizzata in corpo unico con la fascia di frenatura 2 oppure essere
20 realizzata come un corpo a parte, meccanicamente collegato alla fascia di frenatura.

Come già detto, sia il materiale che forma il rivestimento protettivo di base 30 (carburo di Cromo (Cr_3C_2) disperso in Nickel-Cromo (NiCr), oppure Nickel-Cromo (NiCr), Ferro (Fe), Molibdeno (Mo), Cobalto (Co),
25

Manganese (Mn) e Alluminio (Al), sia il materiale che forma lo strato di rivestimento superiore o inferiore 3, 3' (ad esempio carburo di tungsteno disperso in intermetallico di ferro, cromo e alluminio) sono
5 depositati in forma particellare preferibilmente con tecnica HVOF o con tecnica HVOF o con tecnica KM o con tecnica APS o con tecnica di laser cladding.

Si tratta di tre tecniche di deposizione ben note ad un tecnico del settore e non saranno quindi di seguito
10 descritte nel dettaglio.

HVOF (High Velocity Oxygen Fuel) è una tecnica di deposizione a spruzzo da polveri che utilizza un dispositivo di spruzzo dotato di una camera di miscelazione e di combustione e di un ugello di spruzzo.

15 Alla camera vengono alimentati ossigeno e combustibile.

Il gas di combustione caldo che si forma a pressioni prossime a 1 MPa attraversa l'ugello convergente-divergente il materiale in polvere raggiungendo velocità ipersoniche (i.e. superiori MACH 5). Il materiale in
20 polvere da depositare viene iniettato nel flusso di gas caldo, dove fonde rapidamente e viene accelerato a velocità dell'ordine di 1000 m/s. Una volta impattato sulla superficie di deposizione, il materiale fuso si raffredda rapidamente e grazie all'impatto ad elevata
25 energia cinetica forma una struttura molto densa e

compatta.

La tecnica di deposizione HVOF (High Velocity Air Fuel) è simile alla tecnica HVOF. La differenza risiede nel fatto che nella tecnica HVOF la camera di combustione
5 viene alimentata con aria anziché ossigeno. Le temperature in gioco sono quindi inferiori rispetto a quelle della HVOF. Ciò consente un maggiore controllo dell'alterazione termica del rivestimento.

La tecnica di deposizione KM (Kinetic Metallization) è
10 un processo di deposizione allo stato solido in cui polveri metalliche sono spruzzate attraverso un ugello di deposizione sonico a due fasi che accelera e carica elettrostaticamente le particelle metalliche all'interno di un flusso di gas inerte. È previsto che al flusso di
15 trasporto sia fornita energia termica. Nel processo si ha trasformazione dell'energia interna del gas inerte compresso e dell'energia termica fornita in energia cinetica delle polveri. Una volta accelerate ad alta velocità ed elettricamente caricate, le particelle sono
20 dirette contro la superficie di deposizione. La collisione ad alta velocità delle particelle metalliche con tale superficie provoca una ampia deformazione delle particelle (approssimativamente 80% nella direzione normale all'impatto). Questa deformazione ha come
25 risultato un enorme aumento dell'area superficiale delle

particelle. All'impatto si ha quindi come effetto l'intimo contatto tra le particelle e la superficie di deposizione, che porta alla formazione di legami metallici e di un rivestimento avente una struttura molto
5 densa e compatta.

Vantaggiosamente, in alternativa alle tre tecniche di deposizione sopra elencate, accomunate dal fatto di essere tecniche di deposizione ad impatto ad alta energia cinetica, possono essere utilizzate anche altre tecniche
10 che sfruttano differenti metodi di deposizione, ma che sono in grado di generare rivestimenti aventi una struttura molto densa e compatta.

La combinazione della tecnica di deposizione HVOF, HVOF o KM e dei componenti chimici utilizzati per la
15 formazione dei rivestimenti 3 e di base 30, consente di ottenere rivestimenti dotati di elevata forza di legame sul materiale inferiore su cui sono depositi.

L'unicità della tecnica APS (atmospheric plasma deposition) risiede nella capacità di crescere film
20 complessi a temperature del substrato relativamente basse. Questi processi consentono di variare ampiamente le proprietà del film controllando le condizioni del plasma, ad es. densità elettronica, energia e funzione di distribuzione. In particolare, la tecnica APS
25 consente di ottenere velocità di deposizione

estremamente elevate, conformi ai processi a flusso continuo, senza richiedere nessun sistema di vuoto, consentendo quindi un processo produttivo economico e relativamente efficiente da implementare su linee di

5 produzione già esistenti. Inoltre, la tecnica APS presenta un'elevata versatilità delle sorgenti di plasma che possono essere utilizzate per pulire la superficie prima della deposizione, nonché capacità sorprendenti per far crescere superfici modellate o nanostrutturate.

10 La tecnica di saldatura laser a riporto - detta anche Laser Cladding - può essere realizzata anche con polveri. Il raggio laser impiegato riscalda localmente la superficie del substrato, generando un bagno di fusione sulla stessa, dove allo stesso tempo viene condotto il

15 materiale di rivestimento in polvere per poi essere fuso dal laser. Il tempo di azione è breve e, in taluni casi, provoca solo minime deformazioni; il processo di raffreddamento avviene velocemente. Come risultato si ottiene un rivestimento unito al materiale di base

20 tramite procedimento metallurgico. Questo rivestimento è più resistente rispetto a quelli che vengono prodotti mediante tecniche di spruzzatura termica e risulta essere a minor impatto ambientale.

La tecnica di laser cladding, quindi, ha il vantaggio di

25 unire il materiale del rivestimento a quello di base con

legami più resistenti rispetto a quelli prodotti dallo spruzzo termico e al tempo stesso con una qualità della superficie ottima e pochissime deformazioni, oltre a garantire un'efficienza energetica migliore.

- 5 Preferibilmente, come illustrato nelle figure allegate, il disco 1 è dotato di uno strato di rivestimento superiore e inferiore 3, 3' che coprono entrambe le facce 20a, 20b e quindi determinano entrambe le superfici di frenatura 2a e 2b della fascia di frenatura 2.
- 10 È chiaro che in una variante, può essere presente anche solo lo strato di rivestimento superiore 3 o solo lo strato di rivestimento inferiore 3', così da coprire la fascia di frenatura solo su una singola superficie di frenatura.
- 15 In accordo a soluzioni realizzative non illustrate nelle figure allegate, lo strato di rivestimento superiore 3 o inferiore 3' può estendersi anche ad altre parti del disco 1 come la porzione anulare di fissaggio 4 e la campana 5, fino a coprire tutta la superficie del disco
- 20 1. In particolare, lo strato di rivestimento superiore 3 o inferiore 3', così come il rivestimento protettivo di base, 30 può coprire - in aggiunta alla fascia di frenatura - solo la porzione di fissaggio o solo la campana.
- 25 In accordo ad una forma di implementazione

particolarmente preferita del metodo, la fase b) di deposizione per la formazione del rivestimento protettivo di base 30 comprende due o più passaggi distinti di deposizione del materiale in forma
5 particellare sulla medesima superficie per formare il rivestimento protettivo.

Più in dettaglio, la suddetta fase b) di deposizione comprende:

- un primo passaggio di deposizione di materiale in forma
10 particellare per creare uno primo strato del rivestimento protettivo di base 30 direttamente sul disco; ed
- un secondo passaggio di deposizione di materiale in forma particellare per creare uno secondo strato sul
15 primo strato.

Come sarà chiarito nel seguito, il secondo strato di finitura consente di regolare la finitura superficiale del rivestimento protettivo di base 3.

La suddivisione in due o più passaggi della fase b) di
20 deposizione consente in particolare di differenziare almeno la granulometria del materiale in forma particellare utilizzati nei diversi passaggi. Ciò rende più flessibile la fase di deposizione b).

In accordo ad una forma di implementazione
25 particolarmente preferita del metodo, la fase b) di

deposizione del materiale particellare (WC + Fe + Cr + Al) che forma lo strato di rivestimento superiore 3 o inferiore 3' comprende due o più passaggi distinti di deposizione del materiale particellare sulla medesima
5 superficie per formare il rivestimento protettivo, analogamente a quanto descritto per il rivestimento protettivo di base 30.

Come si può apprezzare da quanto descritto, la fascia di frenatura, il disco freno ed il metodo per realizzare la
10 fascia di frenatura ed il disco freno secondo l'invenzione consentono di superare gli inconvenienti presentati nella tecnica nota.

Infatti, le fasce di frenatura ed i dischi freno rivestiti realizzati secondo l'invenzione risultano più
15 resistenti ad usura e corrosione dei dischi in ghisa/acciaio dell'arte nota.

Ulteriormente, in maniera particolarmente innovativa, la fascia di frenatura ed il disco realizzati secondo la presente invenzione non necessitano di trattamenti
20 particolari per garantire l'adesione efficace degli strati di rivestimento sulla fascia di base in titanio, contrariamente ai dischi freno in ghisa/acciaio.

In altre parole, non sono necessari strati intermedi o interlayer, attivazioni meccaniche né altri
25 pretrattamenti, salvo eventuali operazioni di pulizia

e rimozione di grasso, prima della fase di deposizione della miscela di particelle ceramiche e metalliche. Ciò consente di ottenere una fascia di frenatura e un disco freno rivestito semplice da realizzare ed affidabile.

5 Ulteriormente, in maniera sinergica, si ottiene al tempo stesso un disco particolarmente leggero, con elevata resistenza meccanica e adatto a sopportare le sollecitazioni meccaniche anche ad elevate temperature, oltre che ad avere minor tendenza ad accumulare
10 deformazioni meccaniche e termiche rispetto a dischi in ghisa dell'arte nota, grazie anche al basso coefficiente di dilatazione termica.

Proprio grazie alla sinergica combinazione tra lega di titanio e rivestimento preferibilmente in carburo di
15 tungsteno, ferro, cromo e alluminio, si è ottenuto un disco freno e una fascia di frenatura con una limitata dilatazione termica, che rende il manufatto più stabile in temperatura e che garantisce il non-distacco del rivestimento e, conseguentemente, una migliorata
20 resistenza alla corrosione che, grazie all'effetto combinato della lega di titanio e dello strato di rivestimento, raggiunge una resistenza paragonabile a quella dell'acciaio inox.

Ulteriormente, un disco freno realizzato in titanio con
25 rivestimento, garantisce il superamento del limite

termico di impiego del titanio per applicazioni strutturali (tipicamente 550/580°C), causato dai fenomeni di ossidazione a caldo che affliggono il titanio e le sue leghe. Grazie allo strato di rivestimento,
5 viene garantita la protezione del materiale di base (il titanio) dai fenomeni ossidativi che, altrimenti, renderebbero impossibile la progettazione di un disco in grado di garantire le specifiche di leggerezza, richieste da dischi ad elevate prestazioni, ad esempio
10 dischi freno per autovetture sportive. In altre parole, senza uno strato di rivestimento, sarebbe necessario progettare dischi di dimensioni relativamente elevate, pesanti e con elevata inerzia termica, quindi senza alcun vantaggio in confronto ai materiali standard già oggi
15 utilizzati per la realizzazione dei dischi.

Si è inoltre potuto verificare che il disco freno rivestito secondo l'invenzione ha migliori prestazioni in termini di resistenza in presenza di sollecitazioni ambientali (shock termici e attacchi salini).

20 Il disco freno 1 risulta inoltre complessivamente relativamente economico da realizzare, grazie alla semplificazione del processo di realizzazione degli strati di rivestimento.

Un tecnico del ramo, allo scopo di soddisfare esigenze
25 contingenti e specifiche, potrà apportare numerose

modifiche e varianti all'invenzione sopra descritta,
tutte peraltro contenute nell'ambito dell'invenzione
quale definito dalle seguenti rivendicazioni.

TITOLARE: FRENI BREMBO S.P.A.

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per realizzare una fascia di frenatura (2)
5 per disco freno (1) di un freno a disco, comprendente le
seguenti fasi operative:

a) predisporre una fascia di frenatura (2) dotata di una
fascia di base (20) avente una faccia superiore (20a) e
una faccia inferiore (20b) disposta da parte opposta,
10 cioè contrapposta, rispetto alla faccia superiore (20a),
ciascuna faccia inferiore e superiore definendo almeno
parzialmente uno dei due lati del disco freno (1), la
fascia di base (20) essendo realizzata in titanio o lega
di titanio;

15 b) depositare direttamente sopra almeno la faccia
superiore (20a) e/o inferiore (20b) un materiale in forma
particellare costituito da particelle ceramiche e
metalliche e/o intermetalliche, così da creare uno
strato di rivestimento superiore (3) e/o inferiore (3')
20 adatto a sopportare l'azione frenante delle pinze di un
freno a disco.

2. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui la fase b)
comprende la fase di depositare direttamente sopra
almeno la faccia superiore (20a) e/o inferiore (20b) un
25 materiale in forma particellare costituito da carburo di

Tungsteno (WC), Ferro (Fe), Cromo (Cr) e Alluminio (Al), con tecnica di deposizione per spruzzatura, preferibilmente HVOF (High Velocity Oxygen Fuel), o con tecnica HVOF (High Velocity Air Fuel) o con tecnica KM
5 (Kinetic Metallization) o con tecnica APS (atmospheric plasma deposition), oppure una tecnica di deposizione laser, ad esempio una tecnica di laser cladding, formando uno strato di rivestimento superiore (3) e/o inferiore (3') adatto a sopportare l'azione frenante delle pinze
10 di un freno a disco, cioè costituendo almeno una delle due superfici di frenatura della fascia di frenatura.

3. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui la fase b) prevede che, prima di depositare direttamente sopra almeno la faccia superiore (20a) e/o inferiore (20b) un
15 materiale in forma particellare costituito da particelle ceramiche e metalliche e/o intermetalliche, viene depositato un materiale in forma particellare costituito da:

- carburo di Cromo (Cr_3C_2) e Nickel-Cromo (NiCr), oppure
20 - Nickel-Cromo (NiCr), Ferro (Fe), Molibdeno (Mo), Cobalto (Co), Manganese (Mn) e Alluminio (Al),

con tecnica di deposizione per spruzzatura, preferibilmente HVOF (High Velocity Oxygen Fuel), o con tecnica HVOF (High Velocity Air Fuel) o con tecnica KM
25 (Kinetic Metallization) o con tecnica APS (atmospheric

plasma deposition), oppure una tecnica di deposizione laser, ad esempio una tecnica di laser cladding, formando un rivestimento protettivo di base (30) che copre almeno la faccia superiore (20a) e/o inferiore (20b) della fascia di base (20) e disposto al di sotto dello strato di rivestimento superiore (3) e/o inferiore (3') adatto a sopportare l'azione frenante delle pinze di un freno a disco.

4. Metodo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la lega di titanio della fascia di base (20) è una lega di titanio (Ti) e alluminio (Al).

5. Metodo secondo la rivendicazione 4, in cui la lega di titanio della fascia di base (20) è una lega di Titanio (Ti), Alluminio (Al) e Vanadio (V), preferibilmente una lega Ti6Al4V.

6. Metodo secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui il materiale in forma particellare deposto nella fase b) di deposizione per realizzare il rivestimento protettivo di base (30) è costituito da 65% a 95% in peso di carburo di Cromo (Cr_3C_2) e per il restante da Nickel-Cromo (NiCr).

7. Metodo secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui il materiale in forma particellare deposto nella fase b) di deposizione per realizzare lo strato di rivestimento superiore o inferiore (3, 3') è

costituito dal 75% all'87% in peso di carburo di Tungsteno (WC) e per il restante da Ferro (Fe), Cromo (Cr) e Alluminio (Al), preferibilmente essendo costituito dal 10% al 17% in peso di Ferro (Fe), dal 2,5% al 5,8% in peso di Cromo (Cr), dallo 0,6% al 2,2% in peso di Alluminio (Al) e dal restante da carburo di tungsteno (WC), ancora più preferibilmente dall'85% in peso di carburo di Tungsteno (WC) e dal 15% in peso di Ferro (Fe), Cromo (Cr) e Alluminio (Al).

10 **8.** Metodo per realizzare un disco freno (1) comprendente la fase di predisporre una fascia di frenatura (2) realizzata secondo il metodo in accordo ad una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 7 e una campana (5) collegata a detta fascia di frenatura (2).

15 **9.** Fascia di frenatura (2) per un disco freno (1) per un freno a disco, detta fascia di frenatura (2) essendo composta da:

20 - una fascia di base (20), avente una faccia superiore (20a) e una faccia inferiore (20b) disposta da parte opposta, cioè contrapposta, rispetto alla faccia superiore (20a), ciascuna faccia inferiore (20b e superiore (20a) definendo almeno parzialmente uno dei due lati del disco freno (1);

25 - uno strato di rivestimento superiore (3), unito alla fascia di base (20) lungo la faccia superiore (20a),

- uno strato di rivestimento inferiore (3'), unito alla fascia di base (20) lungo la faccia inferiore (20b), detta fascia di frenatura (2) essendo caratterizzata dal fatto che la fascia di base (20) è interamente realizzata in titanio o lega di titanio, e dal fatto che lo strato di rivestimento superiore (3) e lo strato di rivestimento inferiore (3') sono costituiti da una miscela di particelle ceramiche e metalliche e/o intermetalliche.

10 **10.** Fascia di frenatura (2) secondo la rivendicazione 9, in cui lo strato di rivestimento superiore (3) e lo strato di rivestimento inferiore (3') sono costituiti da una miscela di particelle comprendenti almeno un carburo di metallo di transizione e almeno un metallo o un composto intermetallico.

11. Fascia di frenatura (2) secondo la rivendicazione 10, in cui lo strato di rivestimento superiore (3) e lo strato di rivestimento inferiore (3') sono costituiti da carburo di Tungsteno (WC), Ferro (Fe), Cromo (Cr) e Alluminio (Al) e sono ottenuti depositando direttamente sulla fascia di base (20) carburo di Tungsteno (WC), Ferro (Fe), Cromo (Cr) e Alluminio (Al) in forma particellare con tecnica di deposizione, preferibilmente per spruzzatura, ad esempio con tecnica HVOF (High Velocity Oxygen Fuel), o con tecnica HVOF (High Velocity

Air Fuel) o con tecnica KM (Kinetic Metallization).

12. Disco freno per freno a disco, comprendente una fascia di frenatura (2) in accordo ad una qualsiasi delle rivendicazioni da 9 a 11 e da una campana (5) collegata
5 a detta fascia di frenatura (2).

13. Disco freno per freno a disco secondo la rivendicazione 12, in cui la campana (5) è collegata di pezzo con la fascia di frenatura (2) ed è costituita da una cofusione in lega di titanio con la fascia di base
10 (20).

14. Disco freno per freno a disco secondo la rivendicazione 12, in cui la campana (5) è collegata di pezzo con la fascia di frenatura (2) ed è costituita da una cofusione in lega di alluminio con la fascia di base
15 (20).

15. Disco freno per freno a disco secondo la rivendicazione 12, in cui la campana (5) non è cofusa in un pezzo unico con la fascia di frenatura (2) ma è collegata con la fascia di frenatura (2) mediante mezzi
20 di collegamento campana - fascia, ad esempio per assemblaggio, o per calettatura per interferenza, o per chiodatura.

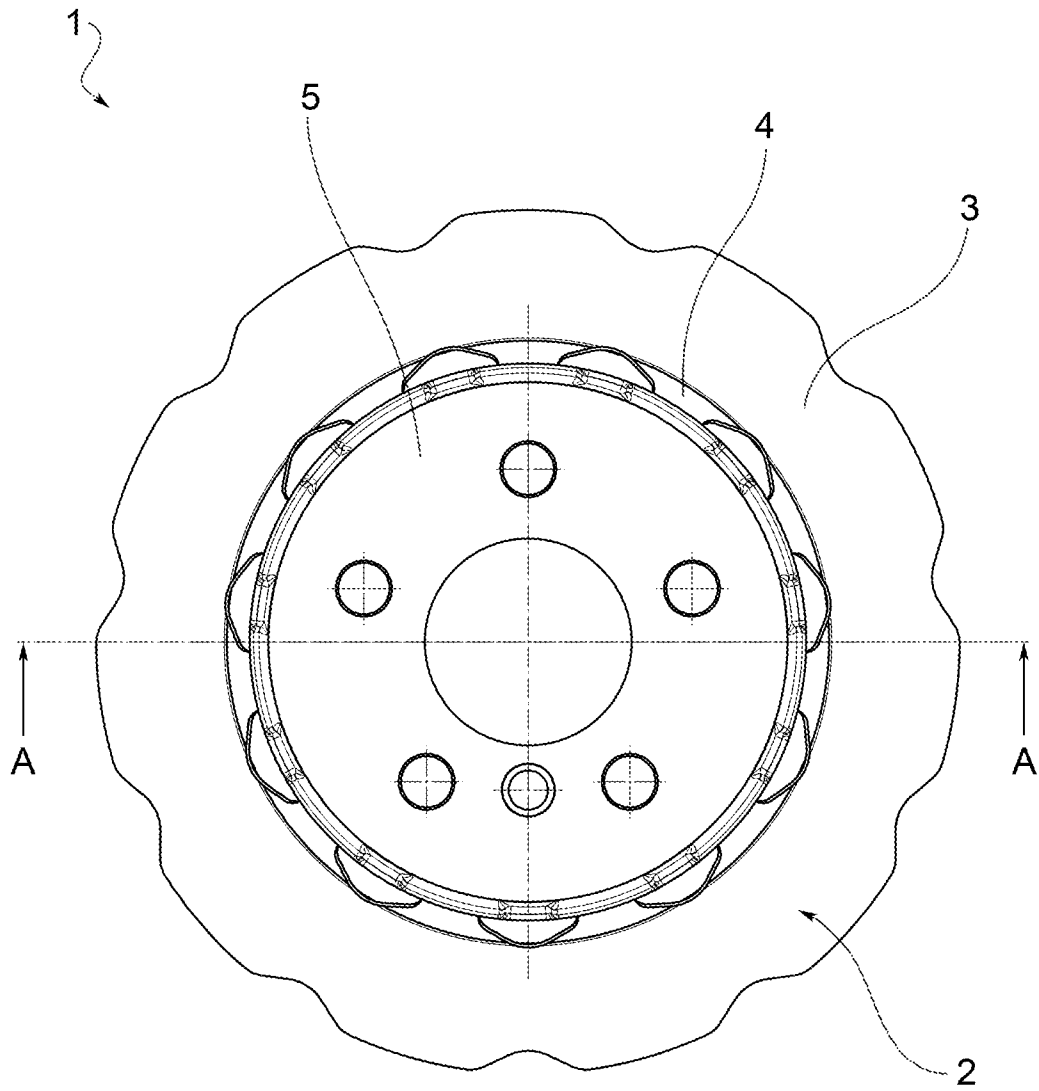


FIG.1

2/3

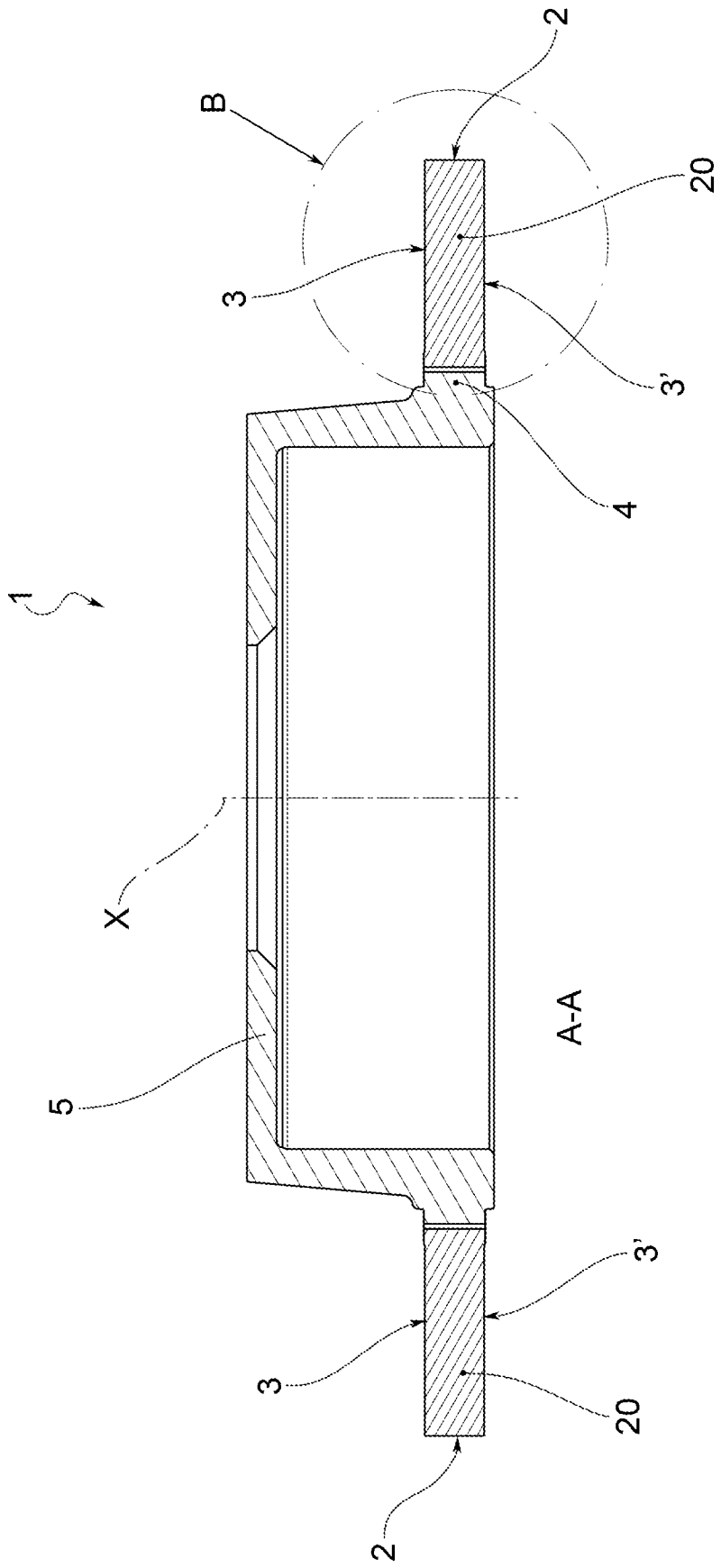


FIG.2

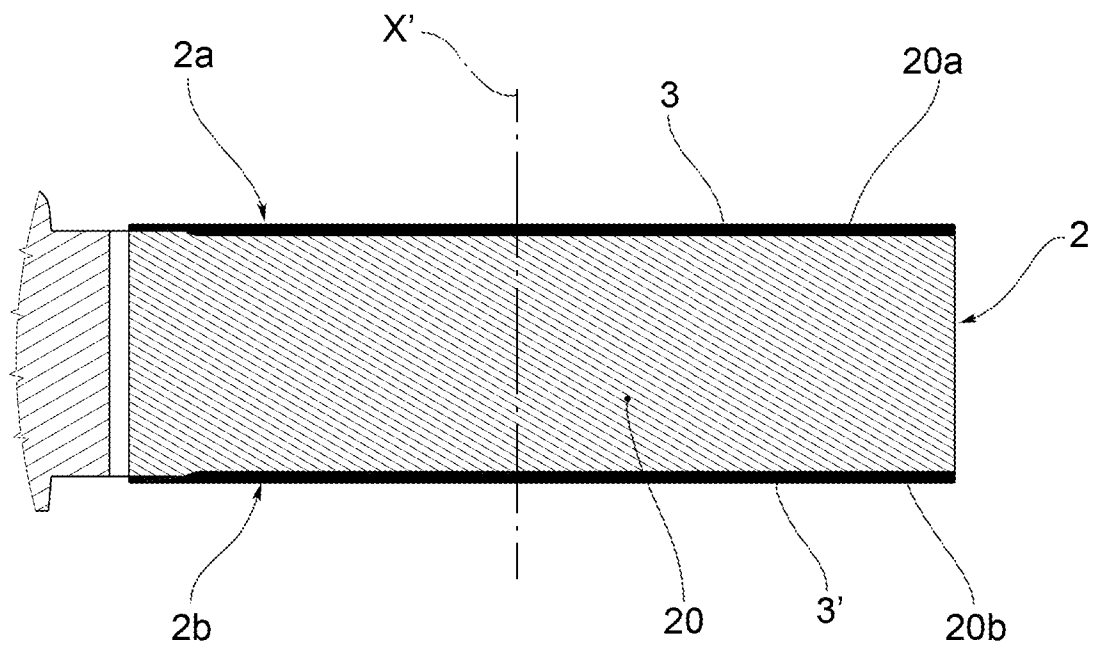


FIG.3

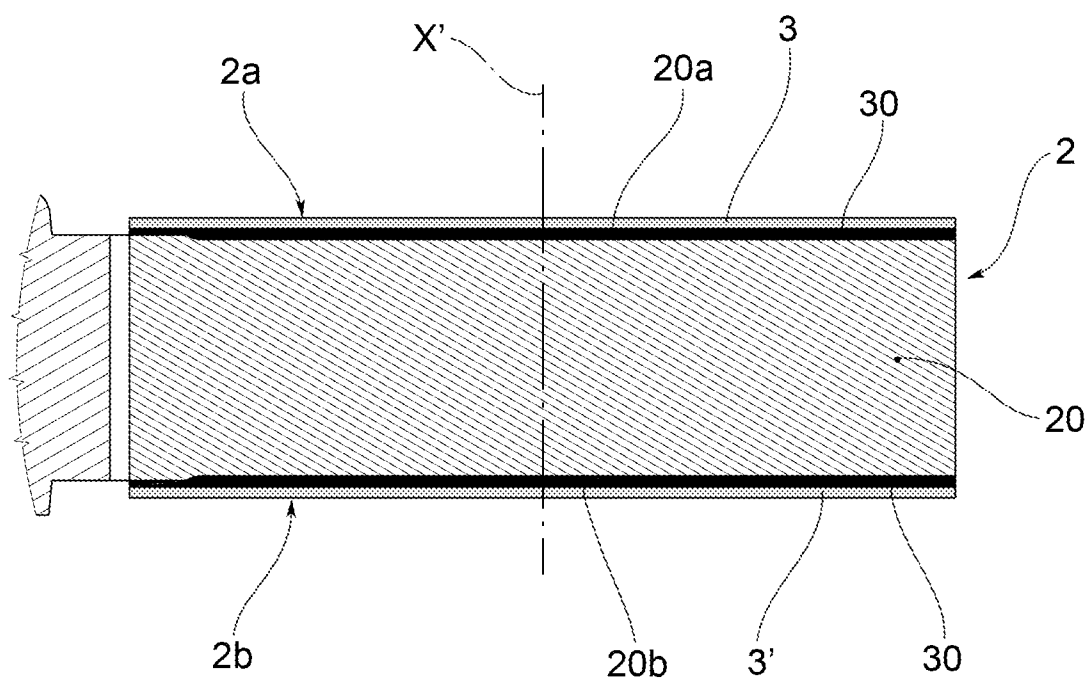


FIG.4