

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901960450A1

Publication Date

20130104

Applicant

AVIO S.P.A.

Title

APPARECCHIO E METODO PER LA DETERMINAZIONE DELLA
PROFONDITA' EFFICACE DI CEMENTAZIONE O NITRURAZIONE DI
COMPONENTI DI ACCIAIO, IN PARTICOLARE INGRANAGGI

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"APPARECCHIO E METODO PER LA DETERMINAZIONE DELLA PROFONDITA' EFFICACE DI CEMENTAZIONE O NITRURAZIONE DI COMPONENTI DI ACCIAIO, IN PARTICOLARE INGRANAGGI"

di AVIO S.P.A.

di nazionalità italiana

con sede: STRADA DEL DROSSO 145

TORINO (TO)

Inventori: MILLETARI Salvatore, GIUNTA Salvatore

* * *

La presente invenzione è relativa ad un apparecchio e ad un metodo per la determinazione della profondità efficace di cementazione o nitrurazione di componenti di acciaio, in particolare ingranaggi.

Come è noto, in alcune applicazioni è necessario disporre di ingranaggi di acciaio ad elevata durezza. A tale scopo, l'acciaio viene sottoposto ad un processo di indurimento costituito da una fase di cementazione o nitrurazione della superficie e in un successivo trattamento termico del componente di acciaio. Tale processo realizza una parziale trasformazione strutturale dell'acciaio da austenite a martensite, i cui grani rendono l'acciaio più duro. Da un punto di vista termico, la presenza di grani di martensite inibisce il trasporto di

calore a causa dell'elevata resistenza termica di contatto al bordo del grano.

Il risultato macroscopico è che all'aumentare del contenuto di martensite corrisponde un aumento della durezza dell'acciaio e una diminuzione di conducibilità e diffusività termica. La profondità di cementazione/nitrurazione è un requisito di progetto degli ingranaggi e quindi da misurare in fase di collaudo.

Attualmente, per valutare la durezza dei campioni al termine del processo di indurimento, viene eseguita una misura della profondità efficace di cementazione o nitrurazione sia dopo il trattamento termico sia a valle delle ulteriori fasi di lavorazione dell'acciaio, tipicamente a valle dell'operazione di rettifica finale dell'ingranaggio.

A tale scopo, dopo il trattamento termico, viene determinato il profilo di durezza usando un durometro sulla sezione centrale di un provino cilindrico che accompagna il lotto durante la cementazione o nitrurazione, mentre dopo la rettifica finale vengono determinati i profili di durezza sui fianchi dente, sul Root Radius, sul Top Land e sull'End Face, di tre denti disposti a 120° e sulla pista cuscinetto dell'ingranaggio.

In entrambi i casi, prima della determinazione dei profili di durezza tramite il durometro, sono necessarie

operazioni preliminari che prevedono la sezionatura dell'ingranaggio e del provino cilindrico, l'inglobamento in resina e la lucidatura.

L'attuale metodo di determinazione della durezza è svantaggioso, dato che esso è di tipo distruttivo e prevede la sezionatura dell'ingranaggio. Inoltre, esso è costoso e lungo, a causa della presenza di una serie di operazioni preliminari per la preparazione dei campioni da sottoporre a misura.

Scopo della presente invenzione è quello di mettere a disposizione un apparecchio ed un metodo di misura della profondità efficace di cementazione o nitrurazione che risolva gli svantaggi dei metodi noti.

Secondo la presente invenzione viene realizzato un apparecchio per la determinazione della profondità efficace di cementazione o nitrurazione di un componente di acciaio, comprendente:

una testa di misura, includente una sorgente laser generante una radiazione a frequenza variabile per la scansione di porzioni prefissate del componente da misurare; un rilevatore infrarosso, configurato in modo da rilevare radiazione infrarossa generata dal componente da misurare; e mezzi di calcolo di spettri della radiazione infrarossa ricevuta; e

un evolventimetro, collegato alla testa di misura e

includente primi mezzi di calcolo atti a calcolare un profilo di durezza calcolato del componente da misurare sulla base di un profilo di lancio e degli spettri della radiazione infrarossa ricevuta e secondi mezzi di calcolo atti a calcolare la profondità efficace di cementazione dal profilo di durezza calcolato.

L'invenzione riguarda anche un metodo per la determinazione della profondità efficace di cementazione o nitrurazione di un componente di acciaio, comprendente le fasi di:

scansionare con una radiazione laser a frequenza variabile porzioni prefissate del componente da misurare;

rilevare una radiazione infrarossa generata dal componente da misurare in risposta alla scansione laser;

determinare spettri della radiazione infrarossa ricevuta;

acquisire parametri di cementazione iniziali;

generare profilo di lancio della durezza in base a detti parametri di cementazione iniziali;

determinare un profilo di durezza calcolato modificando il profilo di lancio della durezza sulla base degli spettri della radiazione infrarossa ricevuta; e

determinare la profondità efficace di cementazione dal profilo di durezza calcolato.

In pratica, viene utilizzata una tecnica di

radiometria integrata con un evolventimetro.

L'invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano esempi di realizzazione non limitativi, in cui:

la figura 1 presenta uno schema di principio di una testa di misura appartenente al presente apparecchio;

la figura 2

mostra una implementazione di un evolventimetro appartenente al presente apparecchio;

la figura 3 mostra una porzione di un ingranaggio e le zone su cui eseguire le misure;

le figure 4a e 4b mostrano esempi di spettri misurati dalla testa di misura di fig. 1;

la figura 5 mostra la modellizzazione della struttura fisica della porzione di ingranaggio da analizzare utilizzando il presente metodo;

la figura 6 mostra un profilo di durezza iniziale utilizzato dal presente metodo;

le figure 7a e 7b mostrano schemi di flusso del presente metodo di determinazione della profondità efficace; e

la figura 8 mostra il confronto fra il profilo di durezza determinato dal presente metodo e profili di riferimento misurati tramite durometro.

La presente invenzione si basa su una tecnica di

misura RFL (Radiometria Fototermica Laser), consistente nell'eccitare con una sorgente laser, modulata in frequenza, la zona del componente da misurare. Le onde termiche che si generano penetrano nell'acciaio indurito e vengono riflesse dal materiale come radiazione infrarossa emessa. Dato che la profondità di penetrazione della radiazione laser dipende dalla sua frequenza e la radiazione infrarossa emessa dipende dalla durezza della zona di volta in volta riflettente, scandendo la zona dell'ingranaggio da misurare con una radiazione laser a differente frequenza, in ogni momento l'onda termica riflessa è correlata alla specifica durezza della regione colpita in quel momento dalla radiazione laser. Un rilevatore infrarosso, ad esempio al tellurio di cadmio mercurio, ed una adatta elettronica di elaborazione provvedono a raccogliere tale radiazione e a determinare lo spettro dell'onda termica ricevuta (ampiezza e fase della radiazione termica emessa). Separatamente, vengono acquisiti parametri di cementazione o nitrurazione iniziali, come sotto spiegato; sulla base dei parametri iniziali, viene generato un profilo iniziale di durezza, detto profilo di lancio, che viene corretto in più passi tenendo conto degli spettri rilevati e della relazione (nota) fra la diffusività del materiale degli ingranaggi e la durezza locale. Mediante una procedura di iterazioni

successive viene quindi ricavato un profilo di durezza ricostruito avente uno spettro termico simile a quello misurato. La profondità alla quale tale profilo di durezza ricostruito ha valore pari a 513 HV costituisce, per definizione, la profondità efficace di cementazione o nitrurazione E, a sua volta definita come durezza a cuore +100 HV.

Allo scopo di implementare la tecnica sopra indicata, il presente apparecchio 1 (fig. 2) comprende due parti: una testa di misura 2, schematizzata in figura 1 ed un evolventimetro 3, mostrato in figura 2.

In dettaglio, la testa di misura 2 comprende una sorgente laser 10, collegata ad un collimatore laser 11, ad un alimentatore 12 e ad un controllore 13. La sorgente laser 10 è collegata anche ad un sistema di controllo di raffreddamento di tipo termoelettrico, non mostrato. Inoltre, la testa di misura 1 comprende un focalizzatore 15, un rilevatore IR 16 ed un'unità di calcolo spettri 17.

Ad esempio, in un prototipo realizzato dalla richiedente, la testa di misura 2 è stata ottimizzata in modo che la distanza D1 fra il fuoco F e la lente L1 del collimatore laser sia di 27 mm, la distanza fra la lente L1 e l'ingranaggio 20 sia di 77 mm e la distanza fra l'ingranaggio 20 e il rilevatore IR 16 sia pari a 200 mm. Il rilevatore IR 16 è di tipo HgCdTe.

La testa di misura 2 viene movimentata tramite l'evolventimetro 3 (in modo mostrato solo schematicamente da un'unità di movimentazione 21, in modo facilmente comprensibile per il tecnico del ramo) in modo da consentire al fascio laser 18 uscente dal collimatore laser 11 di scansionare un ingranaggio 20, e precisamente i fianchi dente 22, il root radius 23 e il Top land 24 (figura 3) di ogni singolo dente a differenti frequenze.

Come indicato sopra, tale scansione in frequenza (ad esempio fra 0 e 1000 Hz) determina l'emissione, da parte del materiale dell'ingranaggio 20 posto a differente distanza dalla superficie, di corrispondenti onde termiche riflesse che, focalizzate tramite una lente 15a del focalizzatore 1, vengono rilevate dal rilevatore IR 16 che genera corrispondenti segnali elettrici. Tali segnali vengono quindi elaborati dall'unità di elaborazione 17 per ottenere l'andamento della fase e dell'ampiezza dell'onda termica, indicati in seguito come spettri misurati e mostrati ad esempio nelle figure 5a e rispettivamente 5b.

A tale scopo, come mostrato in figura 5, la parte dell'ingranaggio da analizzare viene schematizzata come formata da una sequenza di $N+2$ strati includenti uno strato superficiale S , avente durezza H_{surf} , uno strato di cuore B , avente durezza H_{bulk} , ed N strati intermedi L_i , ciascuno dei quali viene modellizzato da una struttura omogenea

all'interno del rispettivo strato ed avente una rispettiva durezza H_i , con $i = 1, 2, \dots, N$, costante all'interno di ciascuno strato. Gli N strati intermedi L_i hanno uguale spessore, ad es. 0,1 mm; in ciascuno di essi, quindi, la diffusività termica è considerata costante.

In questa ipotesi, la testa di misura 2 esegue i passi mostrati nello schema di flusso di figura 7a e comprendente le fasi di: scansione con una radiazione laser a frequenza variabile porzioni prefissate del componente da misurare, passo 32; rilevare la radiazione infrarossa generata dal componente da misurare in risposta alla scansione laser, passo 34; e determinare gli spettri della radiazione infrarossa ricevuta, passo 36.

L'evolventimetro 3 (figura 2) comprende, oltre ad un banco di supporto 25 per la testa di misura 2, un calcolatore 26 (che provvede alla movimentazione della testa di misura 2 e può inglobare anche l'unità di calcolo spettri 17 di fig. 1) ed unità di interfaccia di ingresso/uscita per l'interazione con un operatore, quali una tastiera 27, uno schermo 28, una stampante 29, ecc.

L'evolventimetro 3 implementa un algoritmo per determinare il profilo di durezza ricostruito partendo dall'ipotesi di omogeneità degli strati intermedi L_i , come discusso sopra e utilizzando inizialmente un profilo di lancio H_L (in funzione della variabile z , distanza dalla

superficie) impostato in modo tale da essere rappresentativo dei profili attesi per tutti gli acciai oggetto di indagine, appartenenti alla classe di profili monotoni decrescenti forniti dall'espressione:

$$H_L(z) = \frac{H_{surf} + H_{bulk}}{2} - \left(\frac{H_{surf} - H_{bulk}}{2} \right) \tanh \left(\frac{z - z_{ref}}{z_o} \right) \quad (1)$$

il cui andamento è mostrato in figura 6, che mostra anche il significato dei parametri utilizzati.

In particolare, nell'equazione (1), H_{surf} e H_{bulk} sono il valore di durezza dello strato superficiale S e dello strato di cuore B, come sopra indicato, e sono impostati dall'utente, in base all'esperienza, come durezza superficiale attesa, durezza asintotica, profondità efficace di cementazione e trattamento termico effettuato sull'ingranaggio, ad esempio usando valori di default associati al tipo di acciaio in questione; z_{ref} rappresenta la profondità dell'interfaccia martensite/austenite, ovvero la profondità alla quale il profilo di lancio raggiunge la durezza metà tra H_{surf} e H_{bulk} ; e z_o è lo spessore della regione di transizione fra martensite e austenite, quindi la pendenza del profilo in tale regione.

Partendo da tale profilo di lancio H_L viene calcolato il profilo di durezza ricostruito tramite un processo di inversione descritto qui di seguito con riferimento allo schema di flusso di figura 7b.

In dettaglio, come indicato, inizialmente il programma attende l'inserimento dei valori dei parametri H_{surf} , H_{bulk} , z_0 , z_{ref} , passo 40, e genera il corrispondente profilo di lancio $H(z)$, passo 42. In base alla relazione nota fra ciascun valore della durezza H e la diffusività termica β , ricavata in precedenza sulla base di misure effettuate su provini con durezza nota e memorizzata in apposite tabelle non mostrate, il programma calcola l'andamento della diffusività termica per ogni strato L_1-L_N dell'ingranaggio in esame, passo 44 e determina spettri di lancio dell'onda termica, passo 46.

In particolare, per il calcolo degli spettri di lancio, il programma utilizza l'equazione d'onda termica:

$$-\nabla^2 F(z,w) - s^2(w) F(z,w) = Q(z,w) \quad (2)$$

in cui Φ è l'onda termica riflessa di cui si vogliono ricavare l'ampiezza A e la fase φ in funzione della frequenza di scansione f e della profondità di strato considerata z e i cui valori costituiscono lo spettro misurato;

σ è un numero complesso di diffusione d'onda legato alla diffusività termica $\beta(z)$ dalla relazione:

$$s(w) = \frac{1+i}{(2\beta(z)/w)^{1/2}} \quad (3)$$

con $w = 2\pi f$,

Q è la potenza o la temperatura della sorgente laser utilizzata, nota.

In particolare, la (2) viene risolta utilizzando metodi matematici di inversione noti, generando degli spettri simili a quelli mostrati nelle figure 5a e 5b.

In seguito, gli spettri di lancio appena calcolati vengono confrontati con gli spettri misurati precedentemente ricavati, passo 48; se la differenza fra gli spettri è inferiore ad una soglia, uscita NO dal passo 50, viene modificato l'andamento del profilo di lancio, passo 52. Quindi il programma ritorna al passo 44 per determinare la diffusività associata al nuovo profilo di lancio e ripete iterativamente i passi 46-50 fino a quando viene identificato un profilo di durezza correlato a spettri simili a quelli misurati (uscita SI dal passo 50) ovvero dopo un determinato numero di iterazioni.

Al termine dell'algoritmo di inversione, viene valutato un indice complessivo di errore chiamato "index error", passo 54. Ad esempio, l'index error prende in considerazione l'eventuale presenza di oscillazioni nell'andamento del profilo di durezza calcolato $H(Z)$ (non conformi al comportamento fisico reale), l'errore esistente fra il profilo di durezza calcolato e un profilo di durezza memorizzato, determinato statisticamente da misure precedentemente effettuate con altri mezzi (ad esempio durometro) e simili.

Se l'index error è eccessivo (uscita NO dal passo 56),

il programma si riporta al passo 40, in attesa di differenti parametri. In questa fase l'operatore, in base all'esperienza e/o modifiche progressive di default, modifica i parametri iniziali impostati inizialmente, discussi in precedenza, attivando una nuova fase di inversione.

Viceversa, se l'index error è accettabile (uscita SI dal passo 56), il programma fornisce, come valore efficace di cementazione, la distanza Z a cui il valore del profilo di durezza $H(z)$ calcolato è pari a 513 HV, passo 58.

Ad esempio, la figura 8 mostra il confronto fra un profilo di lancio A, ottenuto impostando i parametri iniziali nell'equazione (1), un profilo di durezza calcolato B, ottenuto con l'algoritmo di figura 7 ed un profilo di durezza C misurato con un durometro, secondo la tecnica nota. Come si nota, partendo dalla curva A, con il presente apparecchio ed metodo si arriva ad una ricostruzione molto simile a quella ottenibile tramite durometro, ma con notevole risparmio di tempo e di costi.

Infatti, da un lato l'apparecchio e il metodo qui descritti operano in modo non distruttivo, per cui possono operare direttamente sui pezzi prodotti, senza costi relativi a campioni appositi che vengono distrutti e quindi non possono essere messi sul mercato, dall'altro la operazione di misura (supponendo la misura di due denti di

un ingranaggio 20 sulle tre posizioni sopra indicate) richiede un tempo molto inferiore rispetto alla soluzione nota (circa 2 ore invece che oltre 18 ore).

Ciò fa sì che il "lead time" medio (ovvero il tempo totale che intercorre tra due o più fasi di lavorazione di un pezzo) passi da otto giorni con il metodo noto a un giorno con il presente metodo ed apparecchio, dato che esso dipende ora solo dal tempo necessario per l'effettuazione della misura di durezza sopra descritta.

Risulta infine chiaro che all'apparecchio e al metodo qui descritti ed illustrati possono essere apportate modifiche e varianti senza per questo uscire dall'ambito protettivo della presente invenzione, come definito nelle rivendicazioni allegate.

RIVENDICAZIONI

1. Apparecchio (1) per la determinazione della profondità efficace di cementazione o nitrurazione di un componente di acciaio, comprendente:

una testa di misura (2), includente una sorgente laser (10) generante una radiazione a frequenza variabile per la scansione di porzioni prefissate del componente da misurare (20); un rilevatore infrarosso (16), configurato in modo da rilevare radiazione infrarossa generata dal componente da misurare; e mezzi di calcolo (17) di spettri della radiazione infrarossa ricevuta; e

un evolventimetro (3), collegato alla testa di misura (2) e includente primi mezzi di calcolo (26, 40-56) atti a calcolare un profilo di durezza calcolato del componente da misurare sulla base di un profilo di lancio e degli spettri della radiazione infrarossa ricevuta e secondi mezzi di calcolo (26, 58) atti a calcolare la profondità efficace di cementazione dal profilo di durezza calcolato.

2. Apparecchio secondo la rivendicazione 1, in cui l'evolventimetro comprende mezzi di movimentazione (21) della testa di misura (2).

3. Apparecchio secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui il profilo di lancio è una funzione monotona decrescente di tipo tangente iperbolica della distanza dalla superficie del componente da misurare (20).

4. Apparecchio secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-3, in cui i primi mezzi di calcolo (26, 40-56) comprendono mezzi (44) per la determinazione della diffusività associata al profilo di lancio; terzi mezzi di calcolo (46) atti a calcolare un algoritmo di inversione per la determinazione di spettri termici di lancio associati al profilo di lancio sulla base dell'equazione termica; mezzi di confronto (48, 50) degli spettri termici di lancio e degli spettri della radiazione infrarossa ricevuta e mezzi di correzione (52) del profilo di lancio sulla base del confronto effettuato dai mezzi di confronto.

5. Apparecchio secondo la rivendicazione 4, in cui i primi mezzi di calcolo (26, 40-56) comprendono una procedura a iterazioni successive.

6. Apparecchio secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-5, in cui la testa di misura (2) è montata sull'evolventimetro (3).

7. Metodo per la determinazione della profondità efficace di cementazione o nitrurazione di un componente di acciaio, comprendente le fasi di:

scansionare con una radiazione laser a frequenza variabile porzioni prefissate del componente da misurare (20);

rilevare una radiazione infrarossa generata dal componente da misurare in risposta alla scansione laser;

determinare spettri della radiazione infrarossa ricevuta;

acquisire parametri di cementazione iniziali;

generare profilo di lancio della durezza in base a detti parametri di cementazione iniziali;

determinare un profilo di durezza calcolato modificando il profilo di lancio della durezza sulla base degli spettri della radiazione infrarossa ricevuta; e

determinare la profondità efficace di cementazione dal profilo di durezza calcolato.

8. Metodo secondo la rivendicazione 7, in cui il profilo di lancio è una funzione monotona decrescente di tipo tangente iperbolica della distanza dalla superficie del componente da misurare.

9. Metodo secondo la rivendicazione 7 o 8, in cui la fase di determinare un profilo di durezza calcolato comprende le fasi di determinare la diffusività associata al profilo di lancio; determinare di spettri termici di lancio associati al profilo di lancio tramite un algoritmo di inversione sulla base dell'equazione termica; confrontare gli spettri termici di lancio e gli spettri della radiazione infrarossa ricevuta; e correggere il profilo di lancio sulla base del confronto effettuato.

10. Metodo secondo la rivendicazione 9, in cui la fase di determinare la diffusività comprende associare ad ogni punto del profilo di lancio un valore di diffusività sulla base di prove effettuate su provini con durezza nota.

p.i.: AVIO S.P.A.

Elena CERBARO

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

**TITLE: APPARATUS AND METHOD FOR DETERMINING THE EFFECTIVE
CEMENTATION OR NITRIDING DEPTH OF STEEL COMPONENTS, IN
PARTICULAR GEARS**

CLAIMS

1. An apparatus (1) for determining the effective cementation or nitriding depth of a steel component, comprising:

a measuring head (2), including a laser source (10) generating a variable frequency radiation for scanning predetermined portions of the component to be measured (20); an infrared detector (16), configured to detect infrared radiation generated by the component to be measured; and means (17) for computing spectra of the received infrared radiation; and

an evolventimeter (3) connected to the measuring head (2) and including first computing means (26, 40-56) for computing a computed hardness profile of the component to be measured on the basis of a launch profile and the spectra of the received infrared radiation, and second computing means (26, 58) for computing the effective cementation depth from the computed hardness profile.

2. The apparatus according to claim 1, wherein the evolventimeter comprises handling means (21) for the measuring head (2).

3. The apparatus according to claim 1 or 2, wherein the

launch profile is a decreasing monotonous function of an hyperbolic tangent type of the distance from the surface of the component to be measured (20).

4. The apparatus according to any of claims 1-3, wherein the first computing means (26, 40-56) comprises means (44) for determining the diffusivity associated to the launch profile; third computing means (46) for computing an inversion algorithm for determining launch thermal spectra associated to the launch profile on the basis of the thermal equation; means (48, 50) for comparing the launch thermal spectra and the received infrared radiation and means (52) for correcting the launch profile on the basis of the comparison performed by the means for comparing.

5. The apparatus according to claim 4, wherein the first computing means (26, 40-56) comprises a sequential iteration procedure.

6. The apparatus according to any of claims 1-5, wherein the measuring head (2) is mounted on the evolventimeter (3).

7. A method for determining the effective cementation or nitriding depth of a steel component, comprising the steps of:

scanning predetermined portions of the component to be measured (20) with a variable frequency laser radiation;

detecting an infrared radiation generated by the component to be measured in response to the laser scanning;

determining spectra of the received infrared radiation;

acquiring initial cementation parameters;

generating a launch hardness profile on the basis of the initial cementation parameters;

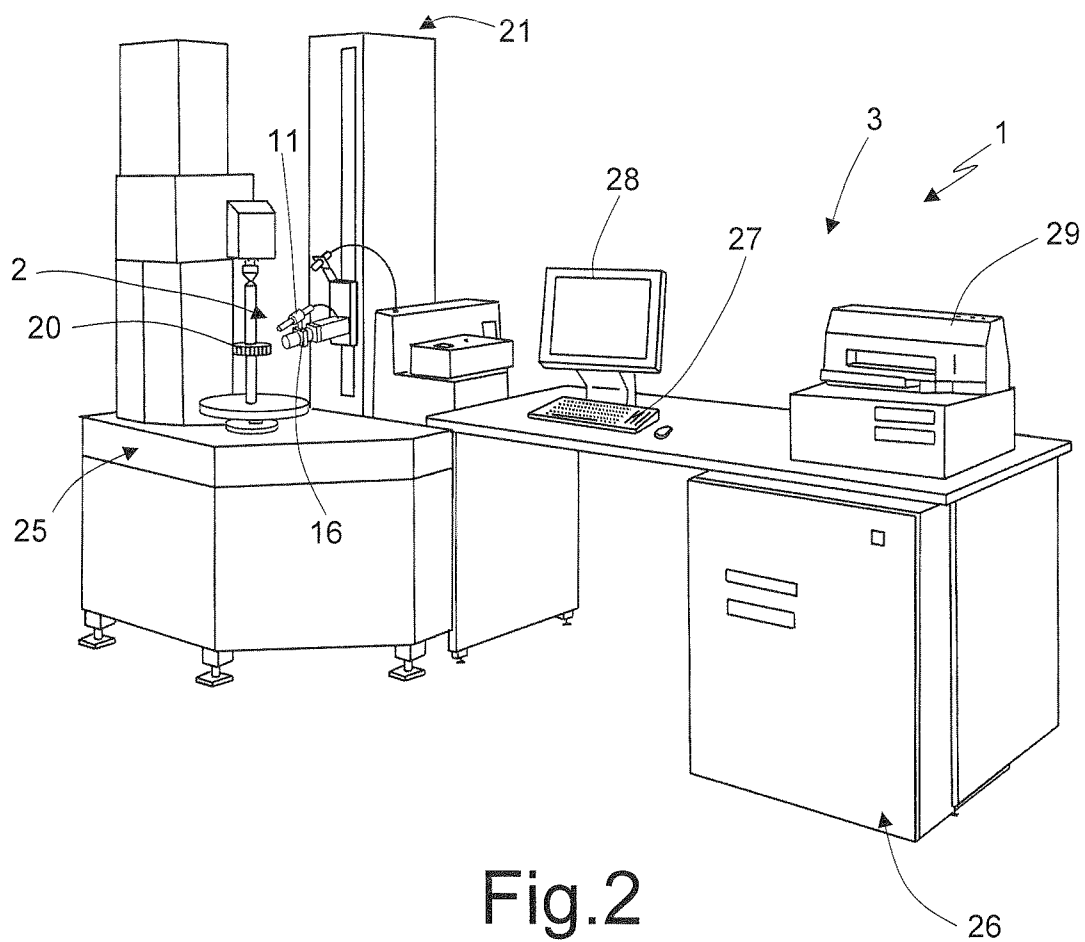
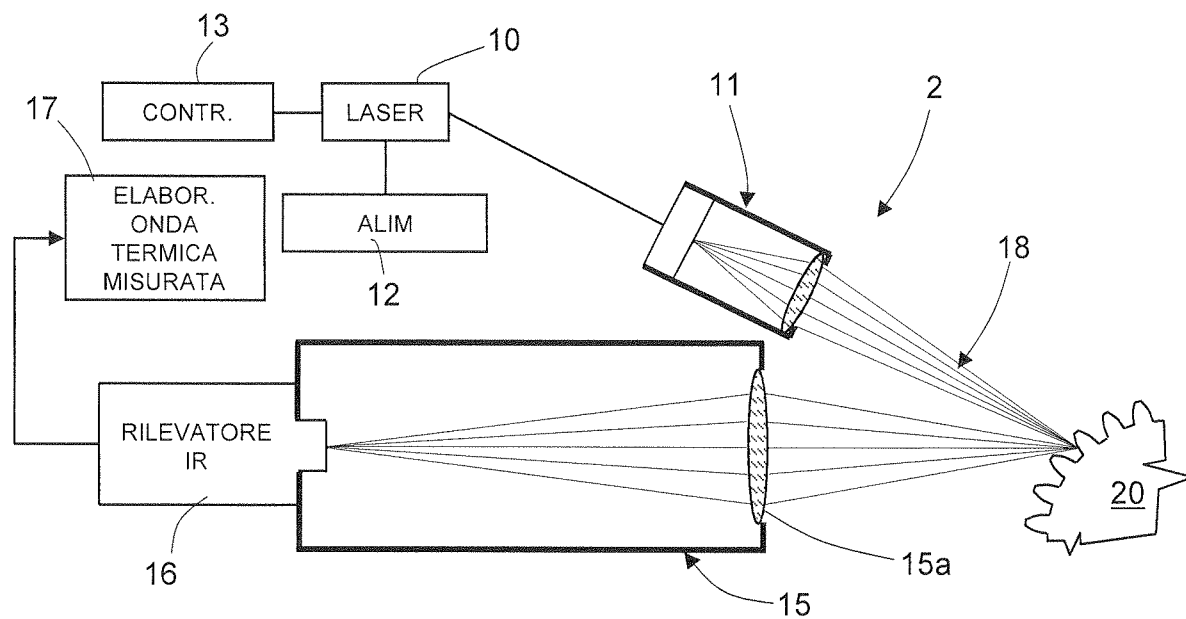
determining a computed hardness profile by modifying the launch hardness profile on the basis of the spectra of the received infrared radiation; and

determining the effective cementation depth from the computed hardness profile.

8. The method according to claim 7, wherein the launch profile is a decreasing monotonic function of an hyperbolic tangent type of the distance from the surface of the component to be measured.

9. The method according to claim 7 or 8, wherein the step of determining a computed hardness profile comprises the steps of determining the diffusivity associated to the launch profile; determining the launch thermal spectra associated to the launch profile using an inversion algorithm on the basis of the thermal equation; comparing the launch thermal spectra and the spectra of the received infrared radiation; and correcting the launch profile on the basis of the performed comparison.

10. The method according to claim 9, wherein the step of determining the diffusivity comprises associating to each point of the launch profile a diffusivity value on the basis of tests performed on samples with a known hardness.



p. i. l. : AVI O S. P. A.
Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

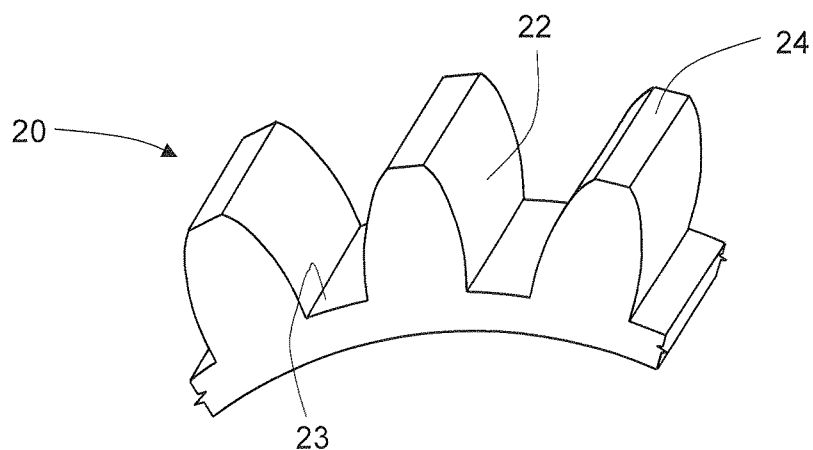


Fig.3

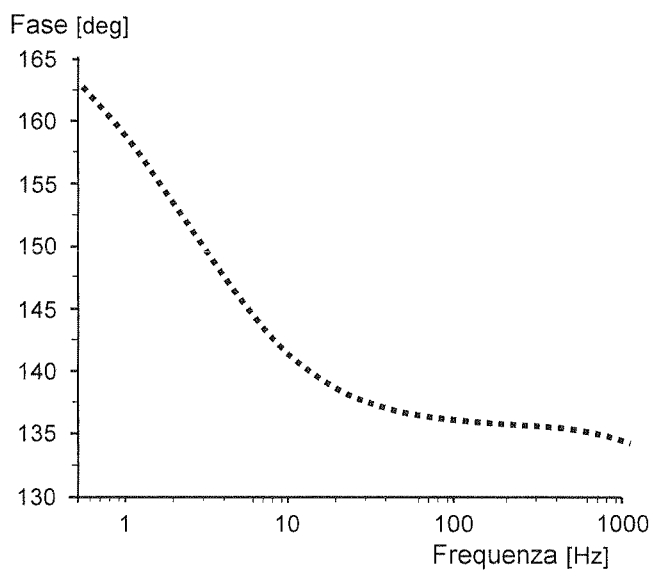


Fig.4a

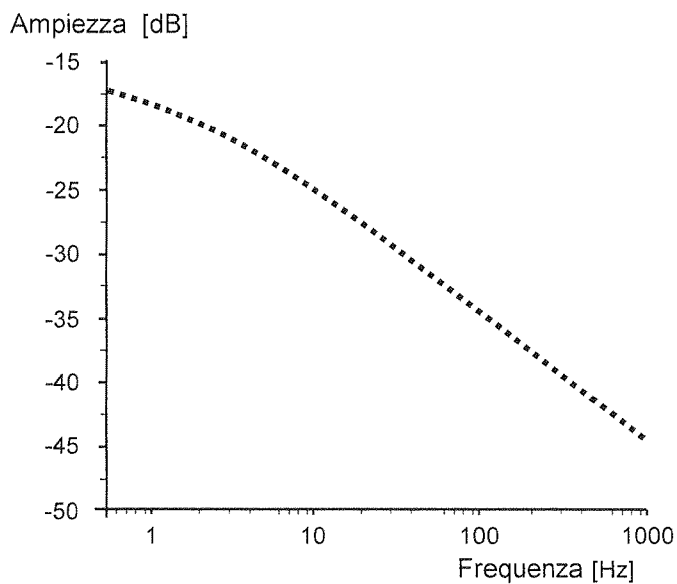


Fig.4b

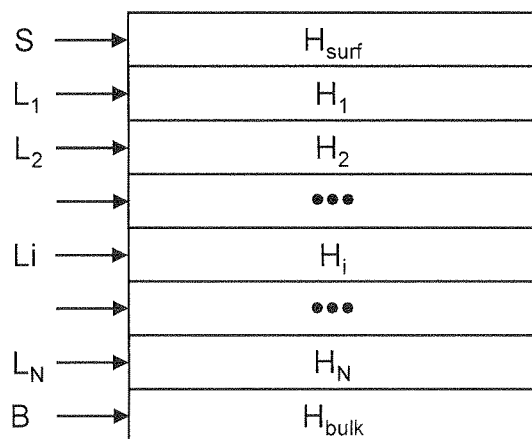


Fig.5

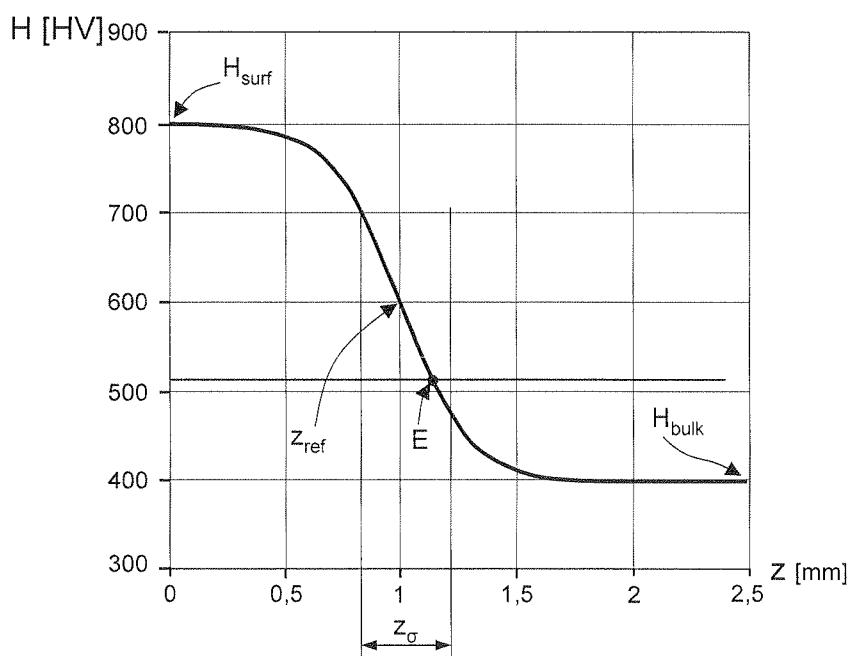


Fig.6

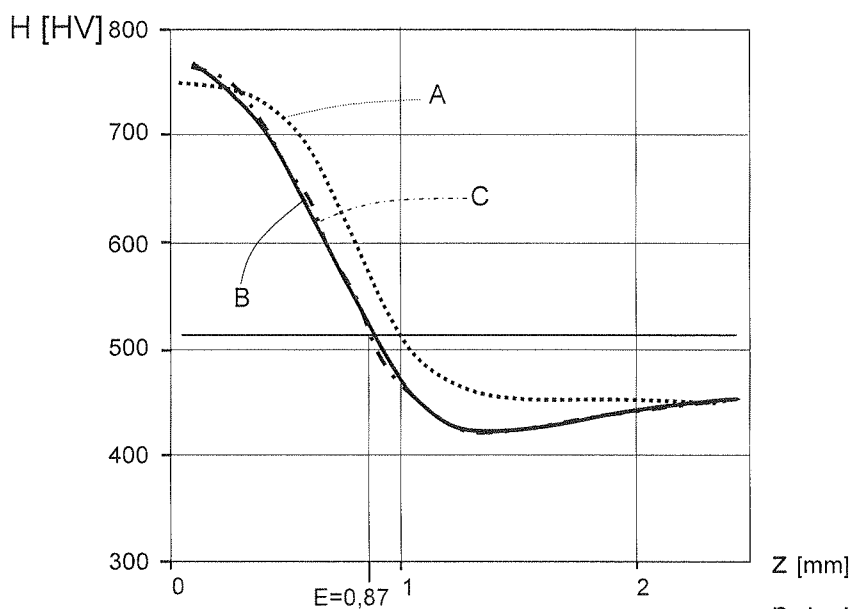


Fig.8

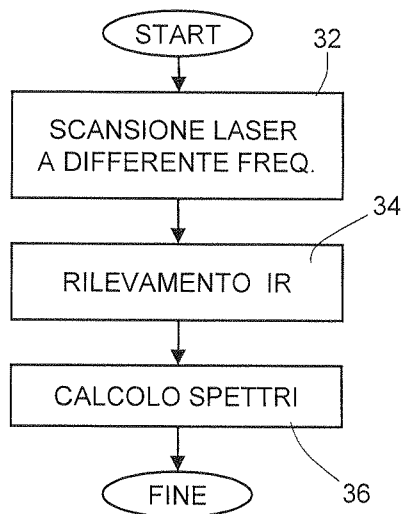


Fig.7a

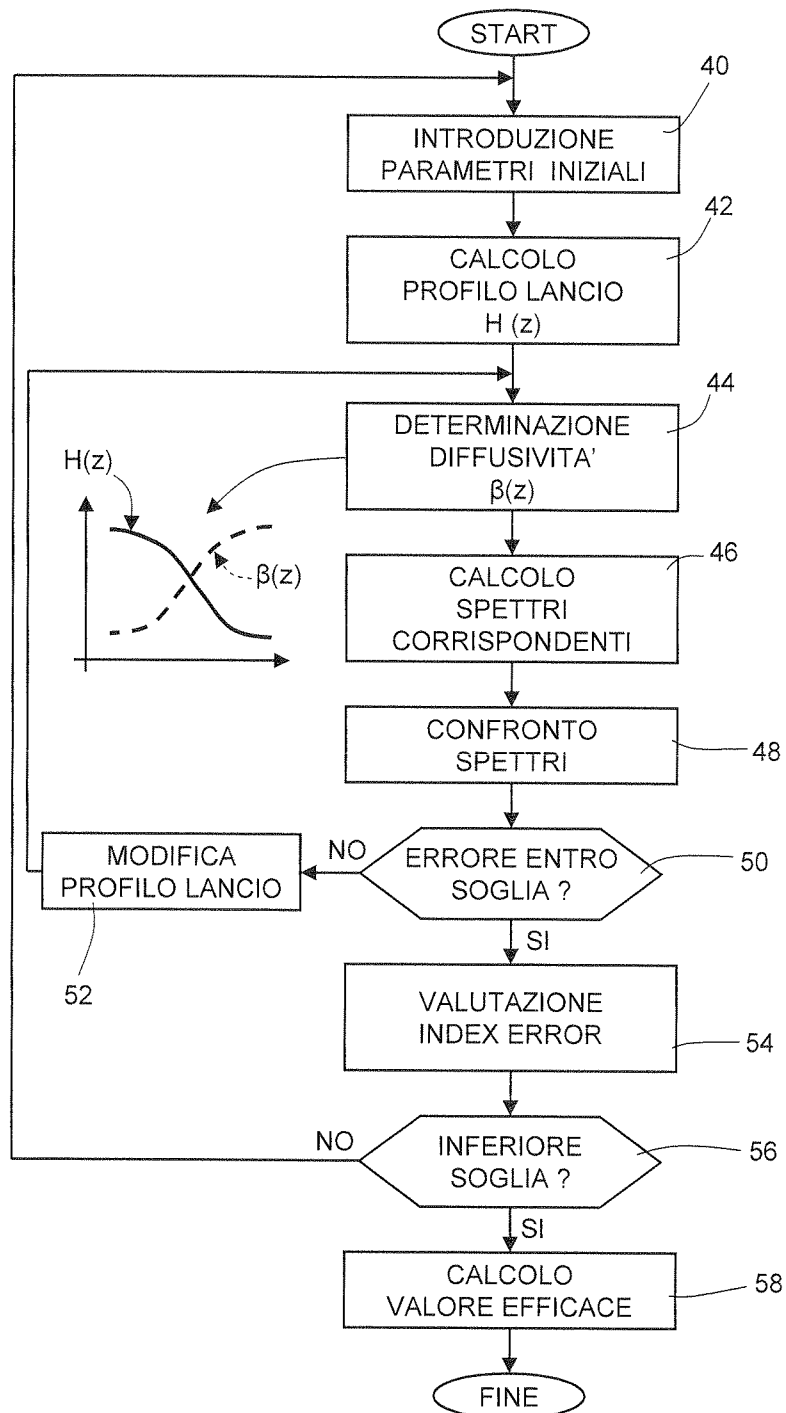


Fig.7b

p. i. l. : AVI O S. P. A.

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)