



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO  
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE  
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	102007901577816
Data Deposito	28/11/2007
Data Pubblicazione	28/05/2009

Titolo

DISPOSITIVO PER TRATTAMENTO TERMICO DI ROTAIE E RELATIVO PROCESSO.

Descrizione dell'invenzione industriale dal titolo:

“Dispositivo per trattamento termico di rotaie e relativo processo”

a nome di: DANIELI & C. OFFICINE NECCANICHE S.p.A.

con sede in: VIA NAZIONALE 41, 33042 BUTTRIO (UD)/IT

inventori designati: POLONI Alfredo; KAPAJ Nuredin; DE LUCA Andrea;

dep. il \_\_\_\_\_ con num. \_\_\_\_\_

\*\*\*\*\*

## DESCRIZIONE

### Campo dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce ad un dispositivo per il trattamento termico di rotaie, in particolare ad un dispositivo per il trattamento termico in linea di rotaie in uscita da un impianto di laminazione, e ad un processo in linea di trattamento termico di rotaie laminate per il miglioramento delle proprietà meccaniche in almeno uno strato della testa della rotaia.

### Stato della tecnica

Alla tecnica nota appartengono diverse soluzioni di dispositivi e processi per il trattamento termico di rotaie laminate, volti in particolare a ottenere l'indurimento della testa attraverso l'operazione di tempra.

Molti di questi dispositivi non sono disposti in linea alle gabbie di laminazione. Questo comporta lo stoccaggio delle rotaie laminate ed un successivo loro riscaldamento prima di procedere con il trattamento termico di tempra, con notevoli consumi energetici e bassi rendimenti.

In altri impianti, invece, i dispositivi sono disposti in linea di laminazione: la rotaia laminata è scaricata su una via a rulli, fissata al suolo; poi pre-

levata da manipolatori, comprendenti sistemi complessi di leverismi, che gestiscono la movimentazione della rotaia durante il trattamento termico alla quale questa è sottoposta; ed infine espulsa sulla placca o letto di raffreddamento mediante opportuni meccanismi di espulsione.

Le rotaie riscaldate o provenienti direttamente dal laminatoio vengono sottoposte ad un rapido raffreddamento o mediante l'utilizzo di ugelli spray, che iniettano un fluido di raffreddamento (acqua, aria, o acqua mista ad aria) sulla testa della rotaia, o mediante l'immersione della stessa in una vasca contenente il fluido di raffreddamento.

Nel caso dell'utilizzo degli ugelli spray si ha lo svantaggio dello svergolamento della rotaia nel senso della lunghezza a causa di una disomogeneità di temperatura in alcuni tratti della rotaia e delle conseguenti differenti dilatazioni termiche.

Nel caso dell'utilizzo della vasca per immersione, invece, si ha una maggiore uniformità di raffreddamento nel senso della lunghezza, ma comunque la differenza di temperatura tra la base della rotaia calda e la testa raffreddata comportano un incurvamento della rotaia; lo svantaggio è che i manipolatori utilizzati non sono sufficientemente rigidi e robusti per contrastare e contenere detto incurvamento. Un altro svantaggio di tali manipolatori è quello di contattare la rotaia, durante il trattamento, sempre nei medesimi punti di appoggio creando così indesiderate zone "fredde" sulla rotaia stessa.

Con tutti i dispositivi noti, inoltre, la produttività dell'intera linea è alquanto bassa. La produttività non supera le 12-15 rotaie/ora per rotaie aventi lunghezza di circa 100 m. Tali dispositivi, inoltre, non sono semplici dal

punto di vista costruttivo e richiedono una notevole manutenzione, fattori che entrambi determinano un aggravio dei costi di produzione e gestione del dispositivo.

E' quindi sentita l'esigenza di realizzare un innovativo dispositivo per il trattamento termico di rotaie in uscita da un impianto di laminazione che consenta di superare i suddetti inconvenienti.

Per quanto riguarda il processo di trattamento termico, i processi per immersione prevedono di effettuare un raffreddamento continuo della testa della rotaia che, però, porta a ottenere una struttura metallurgica non uniforme in tutta la profondità dello strato trattato.

Altri processi prevedono invece di introdurre elementi in lega, quali silicio e alluminio, nell'acciaio da trattare al fine di ottenere le caratteristiche finali volute; l'aggiunta di leganti ha lo svantaggio di incrementare notevolmente i costi di produzione.

E' dunque sentita l'esigenza di realizzare un innovativo processo di trattamento termico della testa delle rotaie in grado di aumentarne le proprietà meccaniche attraverso l'ottenimento di una struttura metallurgica migliorata, senza l'aggiunta di elementi leganti nell'acciaio.

#### Sommario dell'invenzione

Scopo primario della presente invenzione è quello di realizzare un dispositivo per il trattamento termico di rotaie, posto in linea con un impianto di laminazione, di semplice concezione dal punto di vista costruttivo, di elevata robustezza e che richieda una minore manutenzione rispetto ai dispositivi esistenti.

Un ulteriore scopo dell'invenzione è quello di realizzare un nuovo pro-

cesso di trattamento termico in linea di rotaie laminate in grado di garantire l'ottenimento di una struttura perlitica fine, uniforme su tutto un predeterminato strato superficiale della testa della rotaia, particolarmente adatta per un utilizzo delle rotaie in ambienti molto freddi grazie a una migliorata tenacità.

La presente invenzione, pertanto, si propone di raggiungere gli scopi sopra discussi realizzando un dispositivo per il trattamento termico in linea di rotaie in uscita da un impianto di laminazione che, conformemente alla rivendicazione 1, comprende almeno un carrello mobile a sua volta comprendente

- una via a rulli longitudinale comprendente coppie di rulli idonei a ricevere lungo l'asse di laminazione una rotaia in uscita da detto impianto mantenendone la posizione di laminazione, detta via a rulli essendo atta a ruotare attorno ad un asse longitudinale parallelo all'asse di laminazione per orientare verso il basso la testa della rotaia;
- ed una vasca longitudinale per il contenimento di un fluido di raffreddamento nella quale la testa della rotaia viene immersa.

Un altro aspetto della presente invenzione prevede la realizzazione di un processo di trattamento termico in linea di una rotaia in uscita da un impianto di laminazione che, conformemente alla rivendicazione 12, comprende le seguenti fasi:

- un primo raffreddamento della rotaia in aria fino a raggiungere una temperatura superficiale della testa della rotaia compresa nell'intervallo tra circa 800 e 850°C;
- un secondo raffreddamento mediante fluido di raffreddamento fino a

raggiungere una temperatura superficiale della testa della rotaia di circa 600°C;

- un terzo raffreddamento in aria di durata predeterminata al fine di equalizzare la temperatura superficiale e la temperatura degli strati interni della testa della rotaia;

- un quarto raffreddamento mediante fluido di raffreddamento fino a raggiungere una temperatura superficiale della testa della rotaia compresa nell'intervallo tra circa 300 e 350°C,

detti secondo, terzo e quarto raffreddamenti determinando una struttura perlitica uniforme a granulometria fine in uno strato superficiale della rotaia avente una profondità compresa tra 15 e 25 mm.

Vantaggiosamente il dispositivo dell'invenzione comprende almeno una via a rulli che permette di guidare la rotaia perfettamente lungo la linea di laminazione mantenendo la stessa posizione con cui esce dall'ultima gabbia di laminazione, cioè con l'asse di simmetria della rotaia in posizione sostanzialmente orizzontale. La stessa via a rulli provvede, inoltre, a supportare rigidamente la rotaia, a movimentarla durante il trattamento termico ed a scaricarla sulla placca di raffreddamento. La via a rulli del dispositivo dell'invenzione svolge, quindi, tutte queste funzioni diversamente dalla tradizionale via a rulli che ha invece la sola funzione di avanzamento della rotaia laminata e che quindi deve essere necessariamente abbinata a dispositivi manipolatori dedicati.

Un ulteriore vantaggio del dispositivo dell'invenzione è rappresentato dal fatto di prevedere due vie a rulli carrellate che, allineate assialmente in modo alternato alla linea di laminazione, consentono quasi contempora-

neamente il trattamento termico di due rotaie migliorando la produttività dell'impianto. In tal modo si raggiunge una produttività doppia di quella ottenuta con i dispositivi noti, con una velocità di laminazione compresa tra 8 e 10 m/sec.

Vantaggiosamente l'immersione in vasca della rotaia per tutta la sua lunghezza garantisce l'omogeneità del trattamento con distorsioni termiche della rotaia praticamente assenti o ridotte al minimo, grazie alla rigidità del dispositivo, ed una maggiore flessibilità nella gestione dell'ultima fase del raffreddamento, che è quella più importante per ottenere la struttura finale desiderata. L'ottenimento del grano perlitico fine dipende, oltre che dalla deformazione del materiale realizzata nelle gabbie di laminazione, dalla velocità di raffreddamento in questa ultima fase. Si preferiscono, pertanto, elevate velocità di raffreddamento che comunque non portino alla formazione di indesiderate strutture martensitiche o bainitiche.

Il processo secondo la presente invenzione prevede vantaggiosamente quattro fasi di raffreddamento, due in aria e due in acqua additivata o altro idoneo liquido di raffreddamento. Con tale processo si ottengono rotaie la cui testa ha le seguenti proprietà:

- elevata durezza (350-430 HB);
- elevata resistenza all'usura;
- sufficiente tenacità;
- elevata resistenza alla fatica;
- mantenimento delle suddette proprietà meccaniche a temperature d'impiego operativo molto rigide (fino a  $-60^{\circ}\text{C}$ );

- profondità della struttura perlitica fine uniforme di almeno 15-25 mm;
- buona qualità superficiale e buona rettilineità della rotaia a fine trattamento;
- assenza di micro-cricche superficiali.

Le rivendicazioni dipendenti descrivono forme di realizzazione preferite dell'invenzione.

#### Breve descrizione delle figure

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione risulteranno maggiormente evidenti alla luce della descrizione dettagliata di forme di realizzazione preferite, ma non esclusive, di un dispositivo per il trattamento termico di rotaie illustrato, a titolo esemplificativo e non limitativo, con l'ausilio delle unite tavole di disegno in cui:

le Figure 1a e 1b rappresentano esempi di layout di impianti di produzione di rotaie provvisti del dispositivo secondo l'invenzione;

la Fig. 2 rappresenta una vista laterale del dispositivo secondo l'invenzione;

la Fig. 3 rappresenta un diagramma CCT che mostra l'andamento della temperatura su scala logaritmica per alcune fasi del processo secondo l'invenzione;

la Fig. 4 rappresenta un diagramma CCT che mostra l'andamento della temperatura negli ultimi tre stadi di raffreddamento del processo dell'invenzione in superficie ed in corrispondenza di uno strato interno della testa di una rotaia;

la Fig. 5 rappresenta un diagramma CCT che mostra l'andamento della temperatura nell'unico stadio di raffreddamento per immersione, previsto



nei processi noti, in superficie ed in corrispondenza di uno strato interno della testa di una rotaia.

Descrizione in dettaglio di forme di realizzazione preferite dell'invenzione

Con riferimento alla Figura 1a è rappresentato un esempio di layout di una parte dell'impianto di produzione di rotaie comprendente il dispositivo per il trattamento termico dell'invenzione. Questo layout esemplificativo comprende:

- un forno di riscaldamento 1 di billette;
- un impianto di laminazione 2 delle billette per ottenere le rotaie;
- due carrelli mobili 3, 4 comprendenti ciascuno una via a rulli longitudinale per l'avanzamento, il supporto e la movimentazione delle rotaie durante il trattamento termico;
- una placca o letto di raffreddamento 5, sulla quale le rotaie trattate vengono scaricate;
- una macchina raddrizzatrice 6, utilizzata per ottenere le tolleranze di rettilineità richieste dal mercato;
- una via a rulli di evacuazione 7 verso l'area di stoccaggio.

La macchina raddrizzatrice 6 può essere posta a destra e/o a sinistra della placca di raffreddamento 5.

In Fig. 1b è rappresentata una variante di layout in cui il dispositivo per il trattamento termico dell'invenzione, comprendente i carrelli mobili 3 e 4, è disposto sempre lungo l'asse di laminazione X ma, in questo caso, la placca di raffreddamento 5 è disposta tra l'ultima gabbia di laminazione ed il dispositivo dell'invenzione. Questo layout dà la possibilità di trattare in linea solo alcune delle rotaie laminate. Le rotaie laminate, per le quali

non sia necessario il trattamento termico di tempra, possono essere scaricate sulla placca 5 che, facendole traslare, le scarica direttamente sulla macchina raddrizzatrice 6.

Nel dispositivo dell'invenzione i carrelli 3, 4 sono disposti parallelamente tra loro ed all'asse di laminazione X e, vantaggiosamente, sono idonei ad essere posizionati alternativamente lungo detto asse di laminazione. Ciascun carrello, infatti, ha la possibilità di traslare lateralmente rispetto all'asse o linea di laminazione per la presenza di mezzi di movimentazione, ad esempio un sistema a cremagliere previsto nel pavimento o altro idoneo sistema.

Ciascun carrello 3, 4, illustrato in Fig. 2, comprende una via a rulli longitudinale 15, 16, a sua volta comprendente coppie di rulli 10, 10', motorizzati e ad asse orizzontale, idonei a ricevere lungo l'asse di laminazione X la rotaia 9, 9' in uscita dall'impianto di laminazione 2 mantenendone la posizione di laminazione, ossia la posizione con asse di simmetria orizzontale. Le coppie di rulli 10, 10' hanno un profilo sagomato per guidare la rotaia 9, 9' in corrispondenza della zona di giunzione anima-suola. Tali coppie di rulli 10, 10' possono essere tutte motorizzate oppure possono essere motorizzate alternativamente, per esempio a intervalli di una coppia. Vantaggiosamente, per conferire rigidità alla rotaia in presa ed evitare flessioni indesiderate, la distanza tra ciascuna coppia di rulli 10, 10' può essere compresa tra 0,5 e 2 m. Il diametro di detti rulli può essere, invece, compreso tra 400 e 600 mm.

La via a rulli, posta subito all'uscita del treno di laminazione, ha la funzione di prelevare, guidare e tenere in presa una rotaia laminata per ef-

fettuare il trattamento termico. Al termine del trattamento, la rotaia viene scaricata nella placca di raffreddamento 5 mediante la stessa via a rulli.

Per ciascuna coppia di rulli motorizzati 10 è previsto anche un rullo folle 12 ad asse verticale che contatta la base della suola della rotaia per meglio guidare la rotaia nella stessa posizione con cui esce dall'ultima gabbia di laminazione.

In una variante preferita le coppie di rulli motorizzati 10, 10' sono apribili e, nella fase di ricezione di una rotaia laminata da trattare, i rulli inferiori, fissi con l'asse in posizione orizzontale, ricevono la rotaia mentre i rulli superiori, mobili, sono sollevati dalla posizione di lavoro. Ad esempio, i rulli superiori possono sollevarsi ruotando attorno ad un perno per facilitare l'ingresso della rotaia nel dispositivo dell'invenzione. Una volta ricevuta la rotaia nella sua interezza, i rulli superiori ed i rulli folli 12 ad asse verticale vengono fatti aderire rispettivamente all'anima ed alla suola della rotaia per garantirne l'afferraggio.

Vantaggiosamente, l'intera via a rulli longitudinale è opportunamente imperniata in modo da poter ruotare attorno ad un asse longitudinale parallelo all'asse di laminazione X per orientare verso il basso la testa della rotaia.

Ciascun carrello 3, 4 comprende, inoltre, una vasca longitudinale 11, 11' contenente un liquido di raffreddamento, preferibilmente ma non necessariamente acqua contenente un additivo sintetico, come per esempio glicole, nella quale la testa della rotaia viene immersa. La vasca 11, 11' ha una estensione longitudinale almeno pari a quella della rotaia ed è posizionata sulla base del carrello.

Sono previsti opportuni mezzi di azionamento della vasca 11, 11' per sollevarla dalla base del carrello fino ad una altezza predeterminata in modo da effettuare l'immersione nel liquido di raffreddamento della testa della rotaia. Tali mezzi di azionamento possono comprendere, ad esempio, martinetti idraulici o un sistema di leverismi. Vantaggiosamente lo spessore dei rulli 10, 10' è ridotto, per esempio compreso nell'intervallo tra 60 e 80 mm, in modo da evitare interferenze con il bordo della vasca di raffreddamento sottostante quando questa è sollevata.

La vasca 11, 11' può avere il livello del liquido di raffreddamento in prossimità dei bordi oppure il liquido può essere a stramazzo con fuoriuscita laterale ogni volta che la rotaia viene immersa. In quest'ultimo caso si possono prevedere vaschette laterali di raccolta 13, 13' e, vantaggiosamente, mezzi di ricircolo del liquido con la reintroduzione in vasca del liquido raccolto. Si possono, inoltre, prevedere mezzi di agitazione del liquido di raffreddamento in vasca, quali ad esempio generatori di oscillazioni.

Vantaggiosamente sono previsti ugelli a spray 14, a bordo delle vie a rulli 15, 16, dedicati per effettuare il raffreddamento della suola della rotaia al fine di evitare distorsioni termiche in seguito alla differenza di temperatura che si crea tra la testa e la suola della rotaia. Un ulteriore vantaggio è rappresentato dal fatto che in questo modo si ottengono minori tensioni residue nella rotaia trattata. Gli ugelli a spray 14 spruzzano preferibilmente lo stesso liquido di raffreddamento contenuto nella vasca, eventualmente anche misto ad aria.

La già citata motorizzazione delle coppie di rulli 10, 10' determina un

movimento longitudinale alternato della rotaia che consente agli ugelli dedicati 14 di raffreddare la suola in tutta la sua lunghezza e quindi anche la parte di suola a contatto con i rulli folli verticali 12.

Il ciclo di lavoro relativo alla forma di realizzazione preferita del dispositivo dell'invenzione, con due carrelli 3, 4 provvisti di rispettive vie a rulli 15, 16 è di seguito descritto:

- 1) il primo carrello 3 si trova inizialmente lungo l'asse di laminazione X (posizione b in Fig. 2) e riceve una prima rotaia 9, ad esempio, lunga fino a 150 m e laminata da 8 a 10 m/sec. Quando la rotaia 9 è in presa nella via a rulli 15 non viene mantenuta ferma ma viene fatta continuamente muovere avanti a indietro in modo da uniformare il carico termico sui rulli 10 in presa e da non creare punti freddi sull'anima della rotaia;
- 2) dopo aver ricevuto la rotaia laminata 9, il primo carrello 3 si sposta dalla "pass-line" o linea di laminazione (posizione b in Fig. 2) verso destra (posizione c) mentre la sua via a rulli 15 compie una rotazione di 90° in senso antiorario in modo da orientare sulla verticale l'asse di simmetria della rotaia con la testa rivolta verso il basso; contemporaneamente il secondo carrello 4 si sposta dalla sua posizione laterale (posizione a) alla posizione lungo la linea di laminazione (posizione b);
- 3) il raffreddamento in aria della rotaia 9 sul carrello 3 continua fino a raggiungere una temperatura compresa tra circa 800 e 850°C per una durata totale, ad esempio, di circa 40 sec; contemporaneamente il secondo carrello 4 (posizione b) riceve una seconda rotaia 9', anche questa mossa avanti a indietro per uniformare il carico termico sui rulli 10' in presa e non creare punti freddi sull'anima della rotaia;

4) ricevuta la seconda rotaia 9' il secondo carrello 4 ritorna nella sua posizione laterale (posizione a) mentre la sua via a rulli 16 compie una rotazione di 90° in senso antiorario in modo da orientare sulla verticale l'asse di simmetria della rotaia 9' con la testa rivolta verso il basso; contemporaneamente il primo carrello 3 si sposta per ritornare lungo la linea di laminazione (posizione b) e la sua vasca 11 viene sollevata attraverso i suddetti mezzi di azionamento (non illustrati), per es. martinetti idraulici, per eseguire una seconda fase di raffreddamento per immersione della testa della prima rotaia 9 nella vasca 11 sollevata. Vantaggiosamente il suddetto moto longitudinale alternato della rotaia 9 fa sì che, con la testa immersa, si rompa la pellicola di vapore che tende a formarsi a contatto con la superficie della testa durante il raffreddamento, migliorando così lo scambio termico;

5) al termine del tempo previsto per la fase di immersione, ad esempio circa 20 sec, la vasca 11 del primo carrello 3 (posizione b) viene poi abbassata per effettuare la fase di equalizzazione in aria (ad esempio circa 40 sec); contemporaneamente si completa la prima fase di raffreddamento in aria della seconda rotaia 9' (posizione a) e la vasca 11' del secondo carrello 4 viene sollevata per eseguire la seconda fase di raffreddamento per immersione della testa della rotaia 9';

6) successivamente la vasca 11' (posizione a) viene poi abbassata per effettuare la fase di equalizzazione in aria (circa 40 sec) e la vasca 11 (posizione b) viene nuovamente sollevata per un'ultima fase di raffreddamento per immersione della testa della prima rotaia 9 (ad esempio circa 50 sec);

7) analogamente la vasca 11' (posizione a) viene nuovamente sollevata per l'ultima fase di raffreddamento per immersione della testa della seconda rotaia 9';

8) terminata l'ultima fase del trattamento termico per la prima rotaia 9, la vasca 11 (posizione b) viene nuovamente abbassata, la via a rulli 15 compie una rotazione di 90° in senso contrario alla precedente per riportare l'asse di simmetria della rotaia in posizione orizzontale, i rulli motorizzati 10 fanno avanzare la rotaia 9 trattata termicamente scaricandola sulla placca di raffreddamento 5 posta a valle e ricevono (step 1) una terza rotaia da trattare in uscita dall'ultima gabbia di laminazione;

9) ricevuta la terza rotaia il primo carrello 3 ripete quanto descritto negli steps 2) e 3) mentre nel secondo carrello 4, terminata l'ultima fase del trattamento termico per la seconda rotaia 9', la vasca 11' (posizione a) viene nuovamente abbassata, la via a rulli 16 compie una rotazione di 90° in senso contrario alla precedente per riportare l'asse di simmetria della rotaia in posizione orizzontale mentre lo stesso carrello 4 si sposta per ritornare alla posizione allineata alla linea di laminazione (posizione b), i rulli motorizzati 10' fanno avanzare la seconda rotaia 9' trattata termicamente scaricandola sulla placca di raffreddamento 5 posta a valle e ricevono una quarta rotaia da trattare in uscita dall'ultima gabbia di laminazione.

Il ciclo continua ripetendo quanto descritto negli steps da 4 a 9. Le rotaie 9, 9' vengono sempre caricate e scaricate dai rispettivi carrelli lungo l'asse di laminazione X.

In accordo con una variante, anziché prevedere l'innalzamento e

l'abbassamento della vasca 11, 11', è possibile prevedere rispettivamente l'abbassamento e l'innalzamento della via a rulli 15, 16, già ruotata di 90° in senso antiorario.

Il processo per il trattamento termico di rotaie per l'indurimento della testa, oggetto della presente invenzione, può essere eseguito anche utilizzando dispositivi differenti da quello sopra descritto. In ogni caso, tale processo si svolge in linea, cioè comincia subito all'uscita del treno di laminazione, per cui si sfrutta vantaggiosamente la temperatura di laminazione che è pari a circa 900÷950°C. In tal modo si ha un notevole recupero energetico rispetto ai processi fuori linea che prevedono di riscaldare nuovamente la rotaia prima del trattamento termico di tempra.

Di seguito si riporta un esempio preferito di realizzazione del processo secondo l'invenzione riferito a un acciaio non legato avente una percentuale di carbonio pari allo 0,8 %.

Dall'uscita del laminatoio la rotaia viene lasciata raffreddare in aria fino a raggiungere una temperatura superficiale compresa tra circa 800 e 850°C. Questa prima fase di raffreddamento ha una durata, ad esempio, di circa 40 secondi.

Viene poi previsto una seconda fase di raffreddamento, mediante un liquido di raffreddamento, fino a raggiungere una temperatura superficiale di circa 600 °C. Questa seconda fase, della durata, ad esempio, di circa 20 secondi, può essere realizzata mediante immersione della testa della rotaia in una vasca d'acqua contenente un additivo sintetico, o di altro idoneo liquido, oppure tramite getti d'acqua additivata o altro idoneo liquido diretti sulla testa della rotaia e provenienti da appositi ugelli previ-



sti in box di raffreddamento disposti sulla via a rulli in modo da coprire tutta la lunghezza della rotaia.

E' previsto poi una terza fase di raffreddamento, di nuovo in aria, della durata, ad esempio, di circa 30-40 secondi allo scopo di equalizzare la temperatura della superficie della rotaia e quella degli strati più interni. Il calore degli strati più interni fa rinvenire gli strati superficiali fino a una temperatura di circa 700 °C.

Questa terza fase può essere realizzata facendo riemergere la testa della rotaia dalla suddetta vasca o chiudendo gli ugelli che producono i getti diretti sulla testa.

Successivamente, viene prevista una quarta fase di raffreddamento, mediante liquido di raffreddamento, fino a raggiungere una temperatura superficiale compresa tra circa 300 e 350°C. Anche questa quarta fase, della durata, ad esempio, di circa 50 secondi, può essere realizzata mediante immersione della testa della rotaia nella vasca, oppure tramite gli sprays dei suddetti ugelli dei box di raffreddamento.

La durata del ciclo di raffreddamento, comprendente le suddette quattro fasi, dipende dalla composizione dell'acciaio in termini di percentuale di carbonio (variabile tra 0,45 e 1,2%) e di elementi di lega in esso contenuti. Il tempo totale del trattamento termico appena descritto è compreso, ad esempio, tra 100 e 200 secondi.

Quando viene utilizzato il metodo per immersione in vasca, vantaggiosamente il processo secondo l'invenzione prevede di:

- raffreddare, tramite ugelli a spray dedicati, la sola base, o suola, della rotaia al fine di prevenire distorsioni termiche;

- spostare alternativamente avanti e indietro, lungo l'asse longitudinale, la rotaia per consentire a detti ugelli dedicati di raffreddare uniformemente tutta la suola e per evitare, quando la testa è immersa nella vasca, che si formi la pellicola di vapore a contatto con la superficie della testa.

Dal punto di vista metallurgico, il fatto di effettuare la fase di rinvenimento in aria (equalizzazione) permette di equalizzare la temperatura degli strati interni della testa con la temperatura della superficie. In questo modo si avrà circa la stessa temperatura di partenza della trasformazione austenite – perlite sia per la superficie che per gli strati interni e, di conseguenza, circa la stessa velocità di raffreddamento per la trasformazione successiva austenite – perlite. Alla fine della fase di trasformazione si ottiene vantaggiosamente una struttura perlitica uniforme dalla superficie agli strati interni. Vantaggiosamente la velocità di raffreddamento per la trasformazione austenitica si sceglie tale da evitare la formazione di strutture bainitiche e martensitiche notoriamente dure ma fragili.

Vantaggiosamente il processo dell'invenzione permette di ottenere una struttura perlitica fine e uniforme in uno spessore profondo circa 15-25 mm, preferibilmente almeno 20 mm. Una struttura perlitica fine e uniforme è necessaria per impieghi operativi della rotaia a temperature molto rigide, per esempio fino a - 60 °C.

Nella Figura 3 è illustrato un diagramma CCT che mostra l'andamento della temperatura (curva 20) su scala logaritmica durante le ultime tre fasi di raffreddamento del processo (in liquido, aria, liquido) nel caso di rotaie in acciaio con tenore di carbonio pari allo 0,8% in peso. Il dia-

gramma si riferisce al processo dell'invenzione che può essere realizzato rispettivamente in due varianti di dispositivo per il trattamento termico di rotaie:

- una variante in cui si prevede l'immersione della testa della rotaia in vasca,
- ed una variante in cui si prevede la produzione di getti mediante ugelli a spray, aperti o chiusi a seconda della fase di raffreddamento da eseguire.

La curva 20 dell'andamento della temperatura superficiale della testa della rotaia comprende tre tratti 21, 22, 23 corrispondenti rispettivamente alla seconda, terza e quarta fase di raffreddamento.

Vantaggiosamente il fatto di prevedere la terza fase di raffreddamento intermedio in aria (tratto 22 ascendente) permette agli strati interni della testa della rotaia di avere circa la stessa temperatura della superficie, garantendo in questo modo una struttura perlitica uniforme, e quindi proprietà meccaniche uniformi, in tutto lo spessore.

Una pendenza elevata del tratto 23 della curva 20, cioè una elevata velocità di raffreddamento nell'ultima fase del trattamento termico, è preferibile per ottenere un grano particolarmente fine, però senza causare la formazione di strutture di tipo martensitico e/o bainitico.

Vantaggiosamente la velocità di raffreddamento preferita relativa al tratto 23 è compresa tra 3 e 7°C/sec, preferibilmente 5÷6°C/sec.

Nelle Figure 4 e 5 sono illustrati due diagrammi CCT che si riferiscono rispettivamente agli ultimi tre stadi di raffreddamento del processo dell'invenzione ed all'unico stadio di raffreddamento per immersione

previsto in alcuni processi noti. Le curve indicate con il riferimento 24 rappresentano l'andamento della temperatura in superficie della testa della rotaia; le curve indicate con il riferimento 25 rappresentano l'andamento della temperatura in uno strato interno profondo 20 mm della testa della rotaia.

Dal confronto si può notare come con il processo dell'invenzione (Fig. 4) la differenza di temperatura tra superficie e strato interno all'inizio della trasformazione austenite-perlite (punti A e B) sia nettamente inferiore rispetto ai processi noti, circa  $60\div 70^{\circ}\text{C}$  in meno. Grazie a quest'ultimo aspetto l'ultima fase del raffreddamento consente di ottenere l'uniformità della struttura perlitica in tutto il suddetto strato.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo per il trattamento termico in linea di rotaie in uscita da un impianto di laminazione comprendente almeno un carrello mobile (3) a sua volta comprendente

- una via a rulli longitudinale (15) comprendente coppie di rulli (10) idonei a ricevere lungo l'asse di laminazione una rotaia (9) in uscita da detto impianto mantenendone la posizione di laminazione, detta via a rulli essendo atta a ruotare attorno ad un asse longitudinale parallelo all'asse di laminazione (X) per orientare verso il basso la testa della rotaia;

- ed una vasca longitudinale (11) per il contenimento di un fluido di raffreddamento nella quale la testa della rotaia viene immersa.

2. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, in cui sono previsti due carrelli mobili (3, 4), disposti parallelamente tra loro ed all'asse di laminazione (X), idonei ad essere posizionati alternativamente lungo detto asse di laminazione per ricevere ciascuno una rotaia (9, 9') da sottoporre al trattamento termico.

3. Dispositivo secondo la rivendicazione 2, in cui sono previsti mezzi di movimentazione idonei a traslare detti carrelli mobili (3, 4) parallelamente all'asse di laminazione (X).

4. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta vasca (11, 11') ha una estensione longitudinale almeno pari a quella di una rotaia ed è prevista su una base di ciascun carrello (3, 4).

5. Dispositivo secondo la rivendicazione 4, in cui sono previsti mezzi di azionamento della vasca (11, 11') per sollevare o abbassare la vasca ad altezze predeterminate.

6. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui le coppie di rulli (10, 10') hanno un profilo sagomato per guidare la rotaia (9, 9') in corrispondenza della zona di giunzione anima-suola.
7. Dispositivo secondo la rivendicazione 6, in cui la distanza tra ciascuna coppia di rulli (10, 10') lungo ciascuna via a rulli longitudinale (15, 16) può essere compresa tra 0,5 e 2 m.
8. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, in cui dette coppie di rulli (10, 10') possono essere tutte motorizzate oppure possono essere motorizzate alternativamente.
9. Dispositivo secondo la rivendicazione 8, in cui per ciascuna coppia di rulli motorizzata (10, 10') è previsto un rullo folle (12) ad asse perpendicolare all'asse dei rulli motorizzati idoneo ad essere in contatto con la suola della rotaia.
10. Dispositivo secondo la rivendicazione 9, in cui sono previsti ugelli a spray (14), a bordo della via a rulli (15, 16), idonei a raffreddare la suola della rotaia.
11. Dispositivo secondo la rivendicazione 10, in cui la motorizzazione delle coppie di rulli (10, 10') è tale da determinare un movimento longitudinale alternato della rotaia per consentire agli ugelli spray (14) di raffreddare anche la parte di suola a contatto con i rulli folli (12).
12. Processo per il trattamento termico in linea di una rotaia in uscita da un impianto di laminazione comprendente le seguenti fasi:
  - un primo raffreddamento della rotaia in aria fino a raggiungere una temperatura superficiale della testa della rotaia compresa nell'intervallo tra circa 800 e 850°C;

- un secondo raffreddamento mediante fluido di raffreddamento fino a raggiungere una temperatura superficiale della testa della rotaia di circa 600°C;
  - un terzo raffreddamento in aria di durata predeterminata al fine di equalizzare la temperatura superficiale e la temperatura degli strati interni della testa della rotaia;
  - un quarto raffreddamento mediante fluido di raffreddamento fino a raggiungere una temperatura superficiale della testa della rotaia compresa nell'intervallo tra circa 300 e 350°C,
- detti secondo, terzo e quarto raffreddamenti determinando una struttura perlitica uniforme a granulometria fine in uno strato superficiale della rotaia avente una profondità compresa tra 15 e 25 mm.

13. Processo secondo la rivendicazione 12, in cui la velocità di raffreddamento in detto quarto raffreddamento è pari a circa  $3\div 7^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ .

14. Processo secondo la rivendicazione 12 o 13, in cui il secondo e il quarto raffreddamento sono realizzati mediante una immersione della testa della rotaia in una vasca contenente detto fluido di raffreddamento.

15. Processo secondo la rivendicazione 14, in cui il terzo raffreddamento è realizzato facendo riemergere la testa della rotaia dalla suddetta vasca.

16. Processo secondo la rivendicazione 15, in cui è previsto un raffreddamento della suola della rotaia mediante ugelli a spray dedicati.

17. Processo secondo la rivendicazione 16, in cui quando la testa della rotaia è immersa nella vasca è prevista una movimentazione longitudinale alternata, avanti e indietro, della rotaia stessa.

18. Processo secondo la rivendicazione 12 o 13, in cui il secondo e il quarto raffreddamento sono realizzati mediante getti di fluido di raffreddamento diretti sulla testa della rotaia e provenienti da appositi ugelli disposti in modo da coprire tutta la lunghezza della rotaia.

19. Processo secondo la rivendicazione 18, in cui il terzo raffreddamento è realizzato chiudendo detti ugelli.

(CEL/as)

Milano, 28 Novembre 2007

p. DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE S.p.A.

Il Mandatario

Dr. Diego Pallini

NOTARBARTOLO & GERVASI S.p.A.





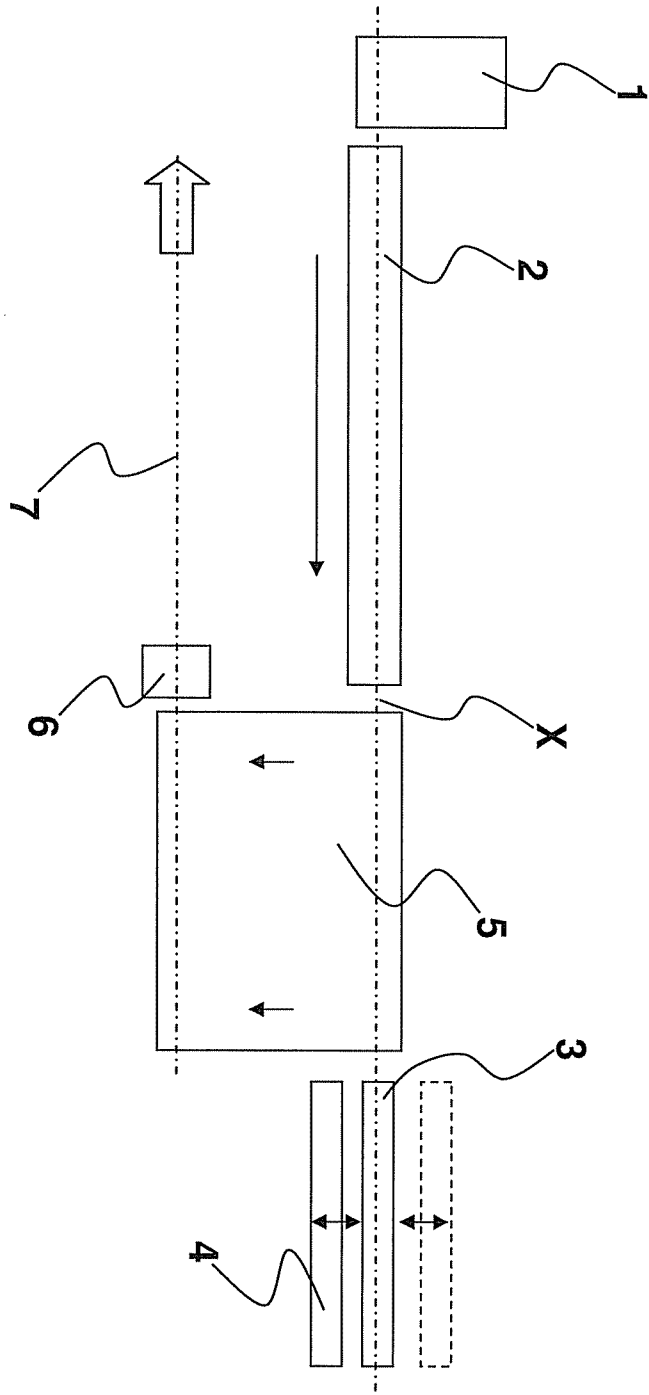


Fig. 1b

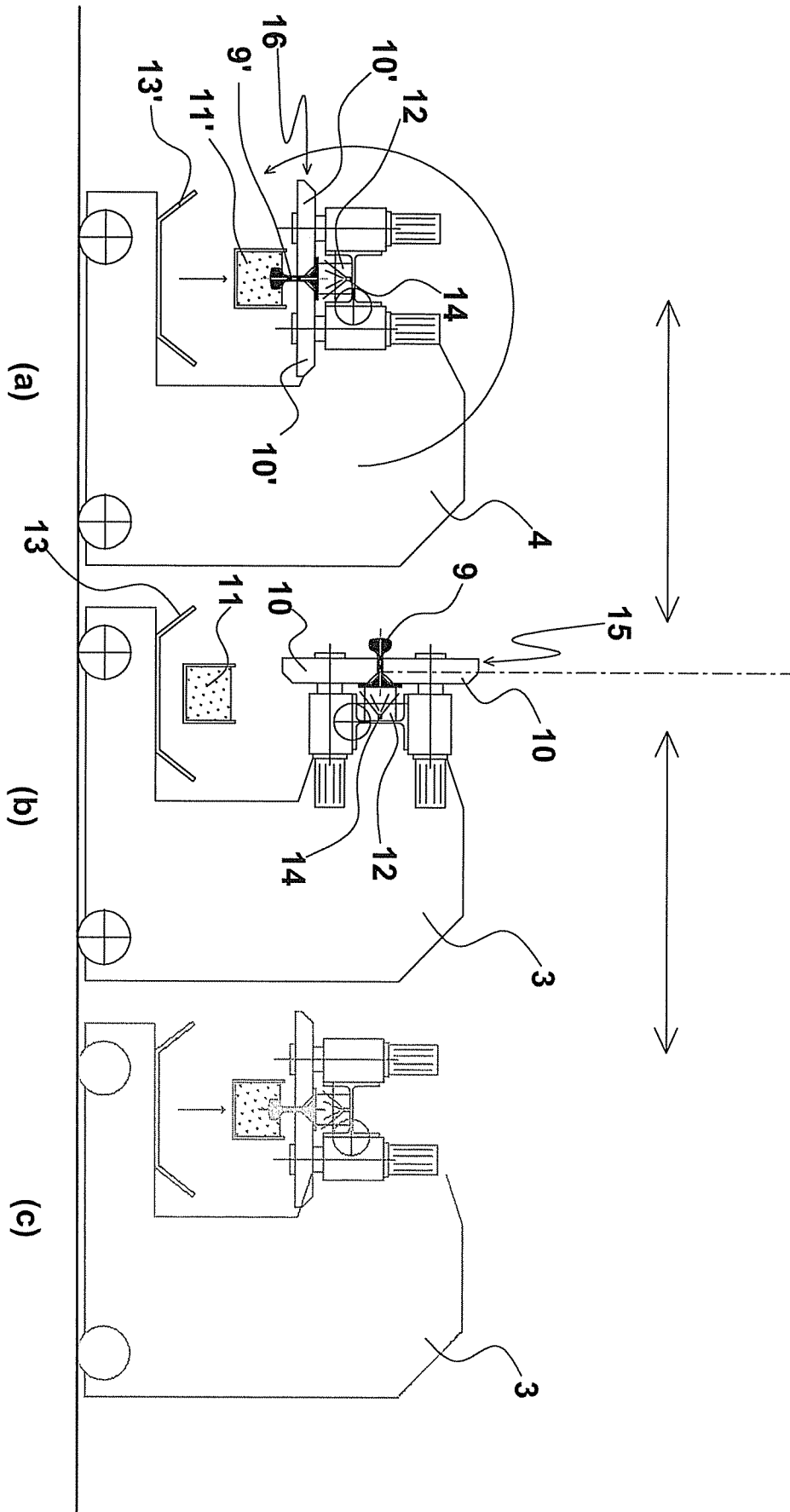


Fig. 2

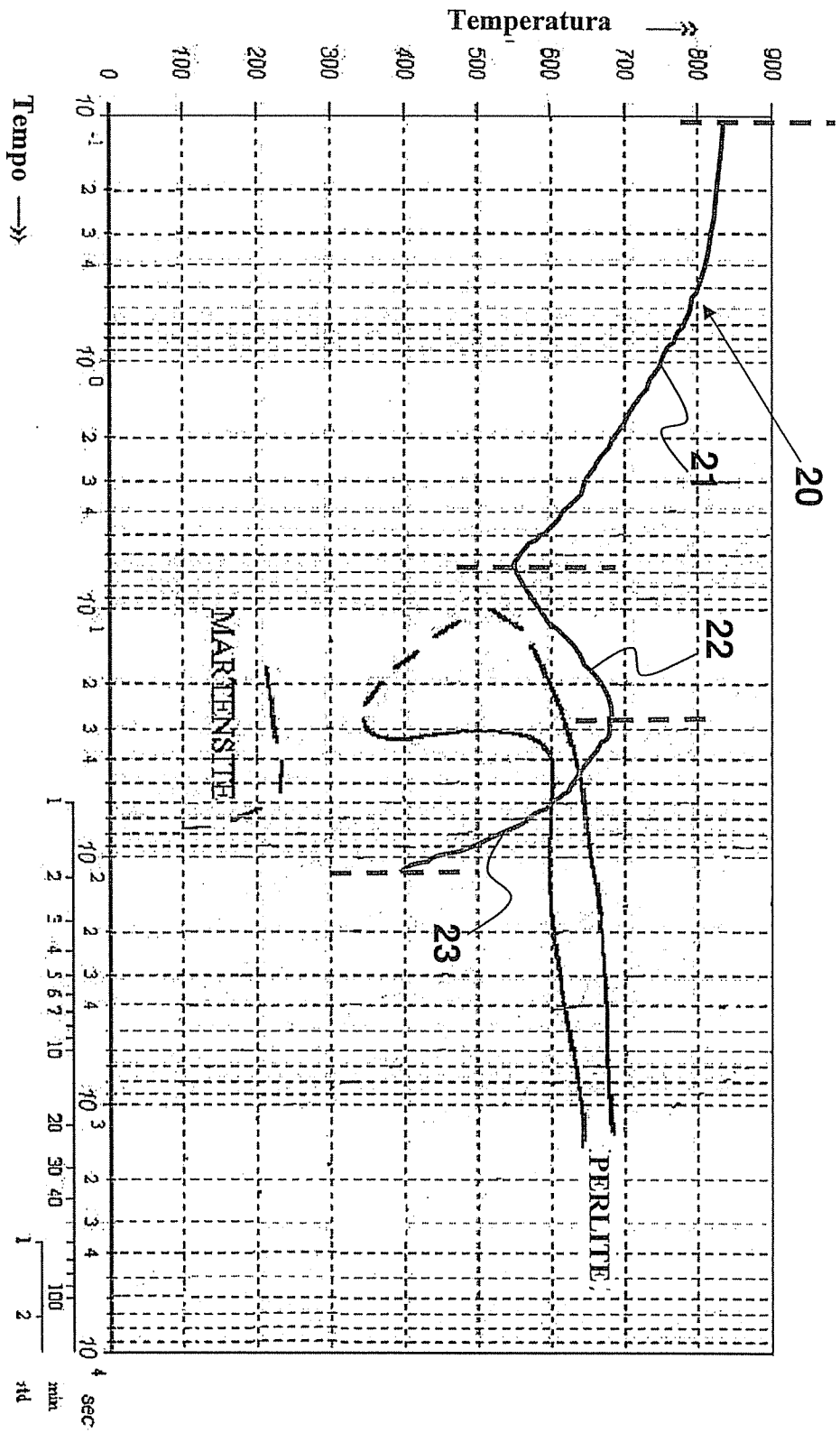
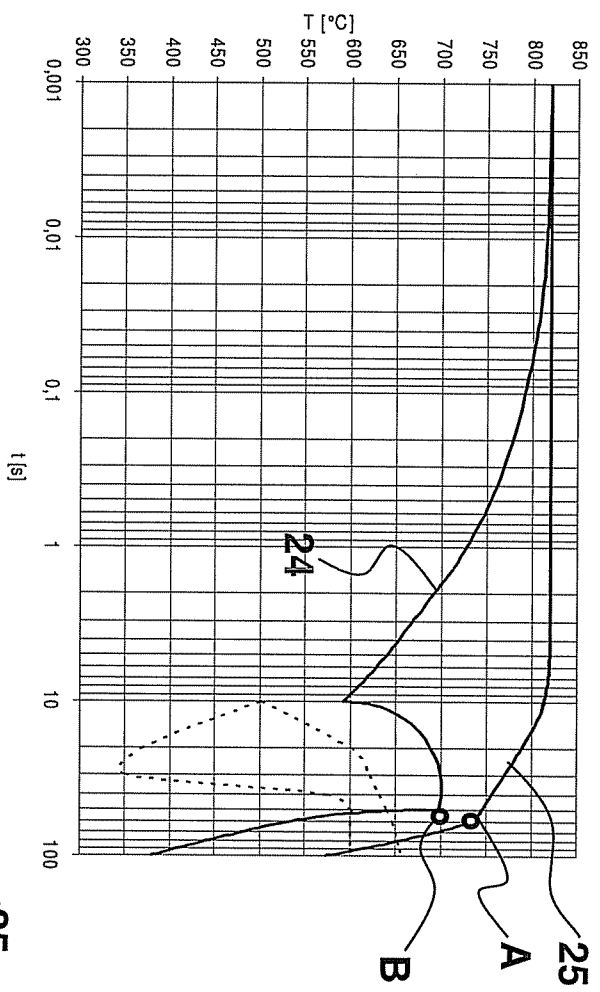


Fig. 3

**Fig. 4**



**Fig. 5**  
Stato della tecnica

