



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101997900636642
Data Deposito	12/11/1997
Data Pubblicazione	12/05/1999

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	22	D		

Titolo

RULLO DI RAFFREDDAMENTO PER MACCHINE DI COLATA CONTINUA

SIB 91490

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"RULLO DI RAFFREDDAMENTO PER MACCHINE DI COLATA
CONTINUA"

delle ditte

1) ACCIAI SPECIALI TERNI S.p.A.

con sede a TERNI (ITALIA)

2) VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau GmbH

con sede a LINZ (AUSTRIA)

>>><<<

La presente invenzione si riferisce ad un rullo di una lingottiera per apparecchiature di colata continua e, più precisamente, alla conformazione superficiale dei rulli controrotanti della lingottiera per la produzione di nastri metallici.

Normalmente, i nastri vengono ottenuti tramite un procedimento convenzionale che prevede la colata continua di bramme, seguita da eventuale molatura, riscaldamento delle bramme e laminazione a caldo.

Questo procedimento richiede un grande consumo di energia per il riscaldamento delle bramme e per la lavorazione del materiale. D'altro canto, il procedimento di colata continua di nastri è una tecnica che permette di produrre direttamente

nastri come prodotto colato e con spessori sottili, eliminando così l'operazione di molatura e di laminazione a caldo e lasciando l'operazione di laminazione a freddo solo per gli spessori più sottili.

Quindi, nel caso della colata continua di nastri il condizionamento della loro superficie è chiaramente improponibile ed è perciò assolutamente necessario che il nastro venga prodotto con la pressoché totale assenza di difetti superficiali. Per ottenere questo risultato bisogna pilotare il modo di solidificare del nastro a ridosso del rullo lingottiera.

Esistono diverse soluzioni per risolvere questo problema. Una di esse si basa sulla realizzazione di predeterminate discontinuità della superficie della lingottiera. Ad esempio, nella domanda di brevetto europeo EP 0 493 290 A1, viene descritta una parete mobile per la solidificazione dei metalli in cui viene realizzata un'opportuna rugosità su una base di rame, e le cui cavità vengono riempite con metallo a più bassa conducibilità. In questo modo viene creata una superficie ove si ha una alternanza tra zone ad alto scambio termico e zone a basso scambio

termico.

Inoltre, nel brevetto europeo EP O 309 247 B1, tale risultato viene ottenuto praticando una serie di cavità, di forma circolare od ovale, e con una disposizione regolare sulla superficie di ciascun rullo della lingottiera.

In entrambi i casi viene prodotto un nastro con superficie rugosa. Nelle applicazioni in cui l'aspetto superficiale è determinante, questo fatto è fonte di problemi in quanto anche le lavorazioni successive possono rivelarsi insufficienti a recuperare la rugosità di origine. Inoltre, le soluzioni sopracitate non risolvono il problema in corrispondenza di quelle zone della superficie del rullo non toccate dalla lavorazione e quindi sede di scambi termici assai intensi.

Infine, nel primo caso la necessità di riempire le cavità con un secondo metallo e, nel secondo caso, la necessità di realizzare delle cavità regolarmente spaziate sulla superficie del rullo, comporta una grande complessità e, quindi, un costo elevato di realizzazione e successiva manutenzione della superficie della lingottiera.

Quindi, la presente invenzione ha lo scopo di risolvere gli inconvenienti di cui sopra e di

fornire una lingottiera in cui l'estrazione del calore e la solidificazione del metallo sia funzione del disegno della lingottiera e non delle caratteristiche intrinseche del materiale.

Quindi, l'invenzione fornisce un rullo di raffreddamento avente rugosità superficiali, per macchine di colata continua con una coppia di rulli controrotanti a contatto con il metallo fuso, caratterizzato dal fatto che le rugosità superficiali consistono in una molteplicità di cavità aventi un primo ed un secondo ordine dimensionale e distribuite in maniera non uniforme sulla superficie ed, eventualmente, essendo almeno in parte in contatto le une con le altre.

Secondo l'invenzione, il primo ordine di cavità ha lo scopo di ridurre il flusso termico tra il metallo in fase di solidificazione ed il rullo. La profondità di queste cavità può variare tra 2 e 10 μm ed il loro diametro equivalente è compreso tra 10 e 50 μm .

Sempre secondo l'invenzione, il secondo ordine di cavità, ha lo scopo di creare delle discontinuità locali. In tal modo si pilota la solidificazione facendola avvenire in modo discreto anziché continuo, spezzettando così e riducendo le

tensioni, dovute al ritiro, che provocano la fessurazione del nastro. In virtù della presenza del primo ordine di cavità che realizza una prima riduzione del flusso termico, questo secondo ordine è costituito da cavità di sagoma varia e dimensioni contenute in un diametro equivalente compreso tra 0.2 e 1 mm, mentre la profondità di ciascuna cavità è compresa tra 40 e 200 μm , con conseguente beneficio per l'aspetto superficiale del nastro.

Inoltre, la distanza tra ciascuna delle cavità del primo ordine è compresa da 0 a 60 μm , mentre la distanza tra ciascuna delle cavità del secondo ordine è compresa da 0 a 1.5 mm.

Ulteriormente, la sagoma impressa sulla superficie del rullo di ciascuna cavità di almeno uno di detti primo e secondo ordine di cavità ha una forma scelta dal gruppo comprendente la forma poligonale e circolare e, più preferibilmente, romboidale.

Secondo l'invenzione, la superficie di ciascun rullo destinata a venire in contatto con il metallo fuso è costituita da un materiale avente una conducibilità termica compresa tra 15 e 380 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ed è realizzata in un materiale scelto dal seguente gruppo: acciaio, rame, nichel e cromo, e/o loro

leghe.

Vantaggiosamente, secondo la presente invenzione, con una tramatura opportuna della superficie della lingottiera, il sistema è in grado di produrre nastri esenti da difetti ed aventi una rugosità controllata e tale da essere recuperata nelle lavorazioni successive.

In particolare, secondo la presente invenzione, la tramatura viene ottenuta con un procedimento di pallinatura della superficie dei rulli in modo da formare delle cavità sulla superficie del rullo stesso.

Vantaggiosamente, secondo la presente invenzione, le cavità sono densamente distribuite, disposte in modo casuale, di sagoma variegata a seconda del tipo di graniglia usata e comunque caratterizzate dalla presenza di due ordini diversi di cavità. In tal modo si pilota la solidificazione facendola avvenire in modo discreto anziché continuo, spezzettando così e riducendo le tensioni, dovute al ritiro, che provocano la fessurazione del nastro.

Verrà qui di seguito riportato un esempio illustrativo e comparativo, dato a titolo esemplificativo e non limitativo, del comportamento

di un metallo inizialmente liquido quando viene raffreddato in una lingottiera secondo una forma di realizzazione della presente invenzione e secondo una lingottiera della tecnica precedente, facendo riferimento ai disegni annessi, in cui:

la figura 1 è una vista schematica in sezione che illustra la superficie di un rullo modificata secondo la presente invenzione;

le figure 2a, 2b e 2c sono viste schematiche che rappresentano il comportamento di un metallo fuso quando viene fatto solidificare su una superficie liscia;

le figure 3a e 3b sono viste schematiche che rappresentano il comportamento di un metallo fuso quando viene fatto solidificare su una superficie secondo la presente invenzione; e

la figura 4 è un diagramma che riporta i valori dell'indice di probabilità di formazione di cricche su nastri di acciaio in funzione della temperatura del nastro ed in funzione della tipologia della superficie di un rullo liscia e per una superficie modificata secondo la presente invenzione.

Esempio

In questo esempio il metallo fuso è l'acciaio inossidabile austenitico AISI 304 come metallo da solidificare in forma di nastro con uno spessore di 3 mm. La sequenza mostrata nelle fig. 2a, 2b e 2c riporta il comportamento di tale materiale quando viene fatto solidificare su di un supporto di rame raffreddato liscio.

Facendo riferimento alla figura 2a, in essa viene rappresentata schematicamente la superficie di un rullo 1 quale elemento di una lingottiera, la prima è liscia ed è a contatto con un metallo fuso. Può essere evidenziato come l'acciaio cominci a solidificare al menisco 3 della lingottiera formando uno strato sottile 2 di spessore pressoché uniforme dell'ordine di 70-100 μm .

Successivamente, secondo la figura 2b, lo strato sottile 2 si stacca dal rullo e poiché è una struttura molto sottile e poco resistente, esso è soggetto a forte instabilità e quindi crea delle ondulazioni casuali di passo variabile intorno a 30-80 mm. In questa condizione, l'esistenza delle onde dà luogo alla formazione di uno spazio 4 di aria tra nastro e rullo di spessore variabile, con valori massimi del distacco dell'ordine di 20 μm .

Di conseguenza l'estrazione di calore dal nastro diventa notevolmente disuniforme e si generano sulla superficie del nastro delle differenze di temperatura di oltre 120° C, rimanendo le zone di nastro più distaccate dal rullo molto calde.

Successivamente, come è possibile notare nella figura 2c, lo spessore solidificato 2 aumenta in modo disuniforme con formazione di rilevanti assottigliamenti 5 in corrispondenza di zone più distaccate dal rullo. Quando la pressione ferrostatica raggiunge un valore predeterminato equivalente all'incirca a 10 cm di profondità dal menisco, la stessa porta di nuovo il nastro a contatto con il rullo e man mano le ondulazioni scompaiono. Pur tuttavia, anche se le differenze di temperatura si attenuano, esse persistono fino all'uscita dai rulli. Comunque, in corrispondenza delle zone 5 che presentano i maggiori assottigliamenti dello spessore, si generano elevati valori di tensione di trazione, ove la temperatura della superficie è dell'ordine di 1370°C - 1390°C ed in cui la duttilità dell'acciaio AISI 304 è molto bassa e ciò porta alla formazione di cricche.

Facendo ora riferimento alla figura 1 ed alle

figure 3a e 3b, viene mostrato in esse ed in maniera schematica la superficie di un generico rullo 1 modificata secondo la presente invenzione. In particolare, il meccanismo di scambio termico cambia drasticamente quando si è in presenza di una superficie modificata secondo la presente invenzione.

Secondo la figura 3a, l'intenso scambio termico iniziale è significativamente moderato data la presenza di una molteplicità di cavità piccole 6 ed, inoltre, dato che l'acciaio 2 non penetra completamente in una seconda molteplicità 7 di cavità più grandi, c'è un certo ritardo di solidificazione dello stesso in corrispondenza delle ultime.

Nei primi istanti di solidificazione vicino al menisco 2 non si ha, come nel caso del rullo con superficie liscia, la formazione di uno strato sottile di spessore pressoché uniforme, bensì la formazione di zone 8 completamente solidificate tra loro connesse da zone 9 ancora allo stato pastoso.

In questa condizione, non si verifica quindi il distacco del sottile nastro dal rullo con la susseguente formazione di onde. Con ciò, la superficie del nastro raggiunge la completa

solidificazione a circa 10 cm di profondità dal menisco quando la pressione ferrostatica ha la capacità di mantenere il nastro aderente al rullo.

Secondo la figura 3b, solo da questo momento si innescano nel nastro degli stati di tensione di trazione che raggiungono i valori massimi sulla superficie nelle zone più fredde vicino alle cavità 6 e 7. Come è possibile notare dalla figura, vi sono zone 10 in cui gli stati di tensione hanno una intensità molto più bassa rispetto a quelli che si verificano sul nastro colato con rulli con superficie liscia.

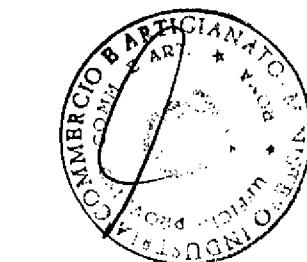
Facendo ora riferimento alla figura 4, viene mostrato in essa un diagramma che riporta i valori dell'indice di probabilità di formazione di cricche su nastri di acciaio AISI 304 in funzione della temperatura di quest'ultimo ed in funzione della tipologia della superficie di un rullo liscia e per una superficie modificata secondo la presente invenzione.

Come è possibile notare, l'indice di criccabilità è significativamente migliore per un rullo con superficie pallinata secondo la presente invenzione, in un intervallo compreso tra 1370 e 1390 °C, ossia nella zona di bassa duttilità

dell'acciaio AISI 304 in cui si ha prevalentemente la formazione di cricche.

La presente invenzione non è limitata all'esempio di realizzazione sopra descritto ma comprende qualsiasi variante realizzativa. Agli esperti della tecnica saranno evidenti altri scopi e vantaggi che la presente invenzione ha in altre forme di realizzazione comprese nel campo delle rivendicazioni annesse.

Alberto Tonon
(Iscr. Albo n. 83 BM)



S.I.B.
ROMA

RIVENDICAZIONI

1. Rullo di raffreddamento avente rugosità superficiali, per macchine di colata continua con una coppia di rulli controrotanti a contatto con il metallo fuso, caratterizzato dal fatto che le rugosità superficiali consistono in una molteplicità di cavità aventi un primo ed un secondo ordine dimensionale e distribuite in maniera non uniforme sulla superficie ed, eventualmente, essendo almeno in parte in contatto le une con le altre.

2. Rullo di raffreddamento per macchine di colata continua secondo la rivendicazione 1, in cui ciascuna cavità di dette cavità del primo ordine dimensionale ha un diametro equivalente compreso tra 10 e 50 μm ed una profondità compresa tra 2 e 10 μm .

3. Rullo di raffreddamento per macchine di colata continua secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui ciascuna cavità di dette cavità del secondo ordine dimensionale ha un diametro equivalente compreso tra 0,2 e 1 mm ed una profondità compresa tra 40 e 200 μm .

4. Rullo di raffreddamento per macchine di colata continua secondo la rivendicazione da 1 a 3,

in cui la distanza tra ciascuna delle cavità del primo ordine è compresa da 0 a 60 μm .

5. Rullo di raffreddamento per macchine di colata continua secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 4, in cui la distanza tra ciascuna delle cavità del secondo ordine è compresa da 0 a 1,5 mm.

6. Rullo di raffreddamento per macchine di colata continua secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la sagoma di ciascuna cavità impressa sulla superficie del rullo di almeno uno di detti primo e secondo ordine dimensionale ha una forma scelta dal gruppo comprendente la forma poligonale e circolare.

7. Rullo di raffreddamento per macchine di colata continua secondo la rivendicazione precedente, in cui detta sagoma poligonale di detta cavità è sostanzialmente romboidale.

8. Rullo di raffreddamento per macchine di colata continua secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la superficie in contatto con il metallo fuso è costituita da un materiale avente una conducibilità termica compresa tra 15 e 380 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$.

9. Rullo di raffreddamento per macchine di

colata continua secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta superficie destinata a venire in contatto con il metallo fuso è realizzata in un materiale scelto dal gruppo:

- acciaio;
 - rame;
 - nichel;
 - cromo;
- e/o loro leghe.

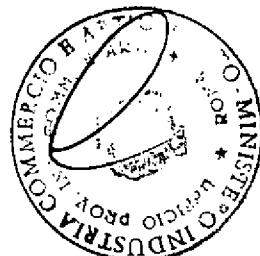
10. Lingottiera per macchine per la colata continua di nastri metallici caratterizzata dal fatto di comprendere due rulli controrotanti secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 9.

11. Rullo di raffreddamento per macchine di colata continua come precedentemente descritto, esemplificato e rivendicato con riferimento ai disegni annessi.

p.p. 1) ACCIAI SPECIALI TERNI S.p.A.

2) VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau GmbH

Alberto Tonon
P (Iscr. Albo n. 83 BM)
Ufficio



**S.I.B.
ROMA**

RM 97 A 000694

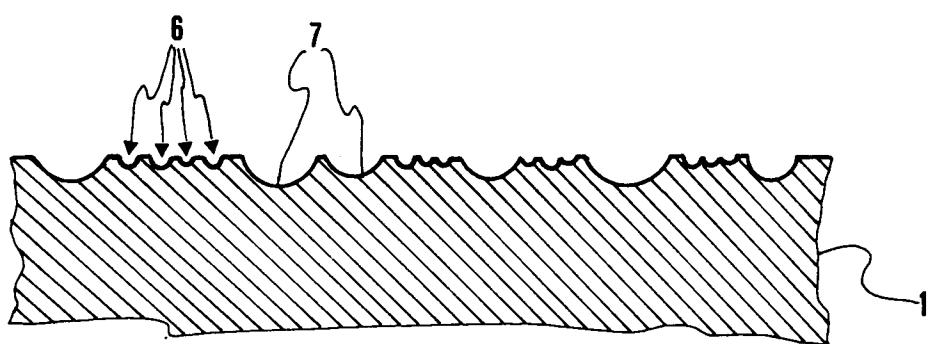


FIG 1



p.p. 1. ACCIAI SPECIALI TERNI S.p.A.
p.p. 2. VOEST-ALPINE Industrienlagenbau GmbH

Gilberto Tonon
(Iscr. Albo n. 83 BM)
M.T.W.

RM 97 A 000694

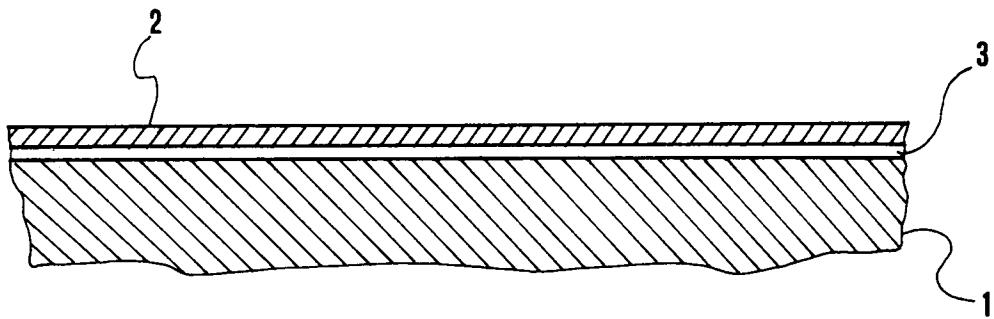


FIG 2A

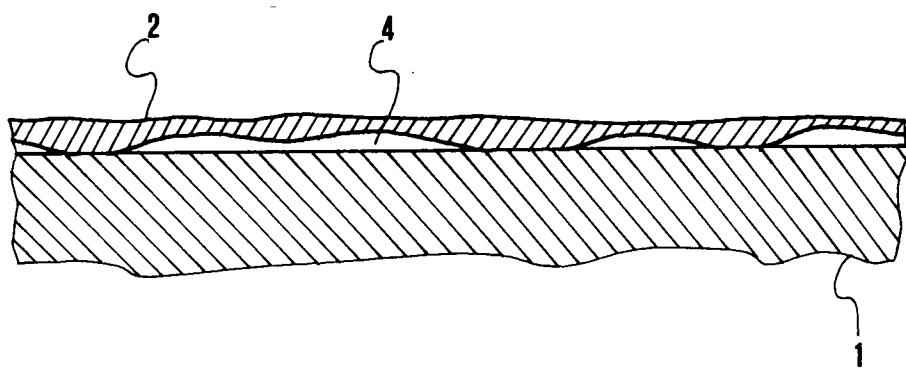


FIG 2B

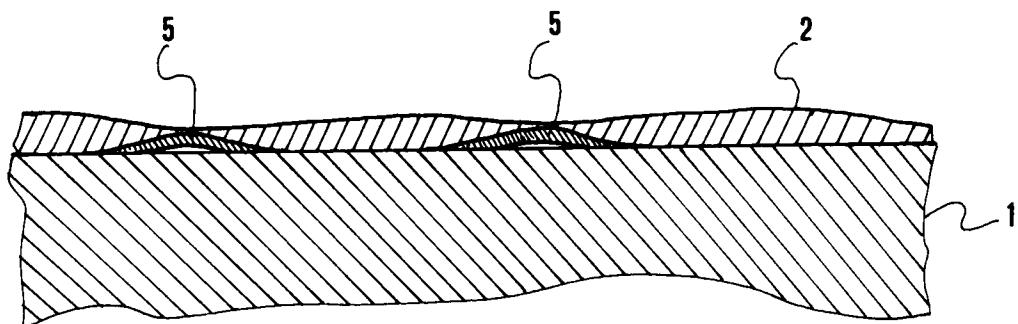
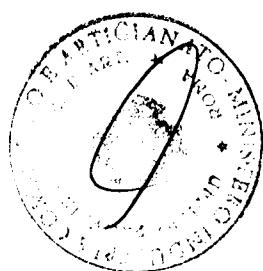


FIG 2C

p.p. 1. ACCIAI SPECIALI TERNI S.p.A.
p.p. 2. VOEST-ALPINE Industrienlagenbau GmbH

P Alberto Tonon
(Iscr. Albo n. 83 BM)
U. Tonon



RM 97 A 000694

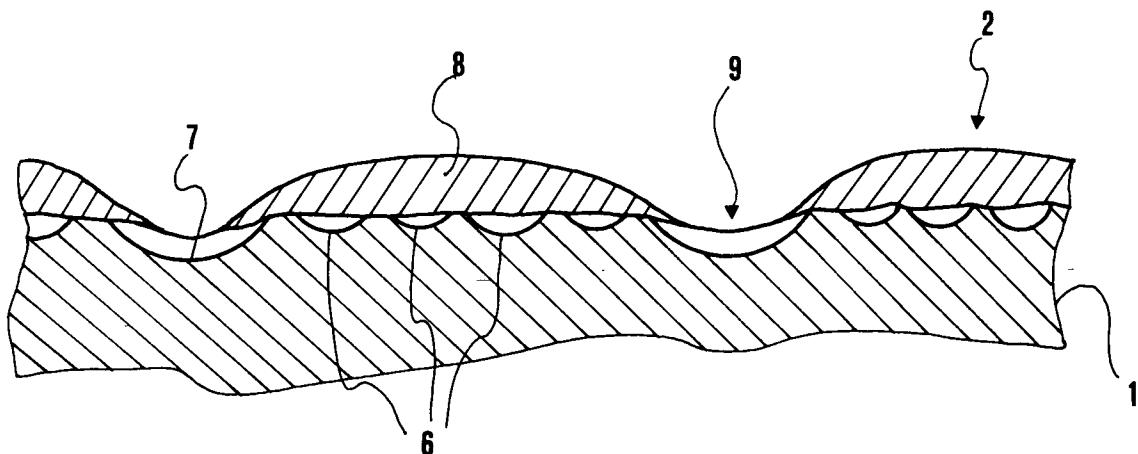


FIG 3A

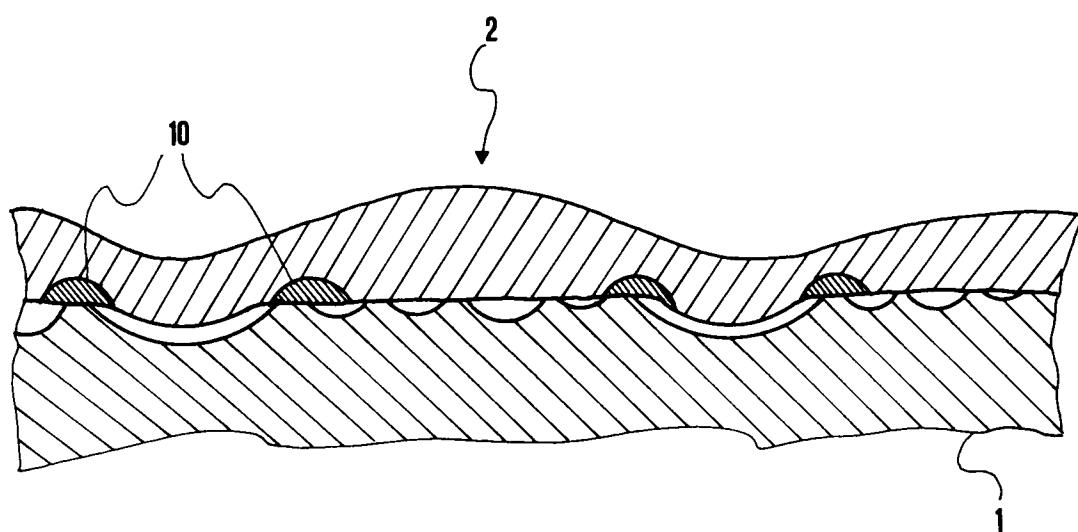


FIG 3B



p.p. 1. ACCIAI SPECIALI TERNI S.p.A.
p.p. 2. VOEST-ALPINE Industrienlagenbau GmbH

P *Gilberto Tonon*
(Iscr. Albo n. 83 BM)
Ufficio

RM 97 A 000694

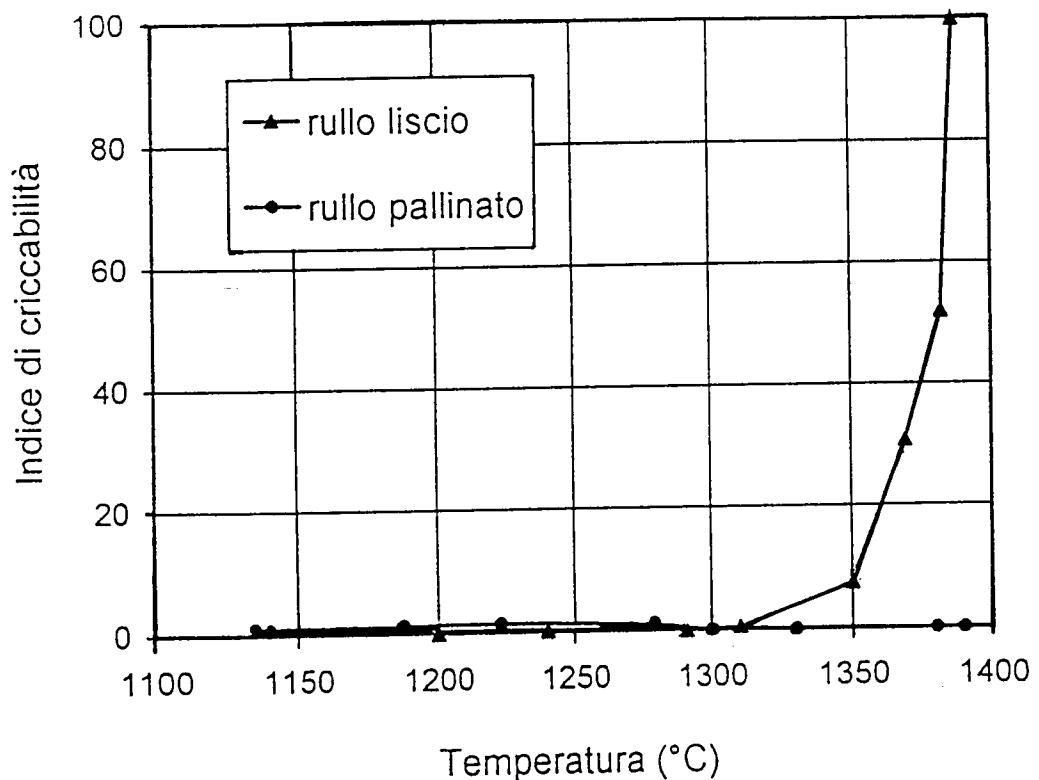


FIG 4



p.p. 1. ACCIAI SPECIALI TERNI S.p.A.
p.p. 2. VOEST-ALPINE Industrienlagenbau GmbH