



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

UIBM

DOMANDA NUMERO	101997900615919
Data Deposito	01/08/1997
Data Pubblicazione	01/02/1999

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	21	B		

Titolo

PROCEDIMENTO PER LA PRODUZIONE DI NASTRI DI ACCIAIO INOSSIDABILE
AUSTENITICO, NASTRI DI ACCIAIO INOSSIDABILE AUSTENITICO COSI' OTTENIBILI CON
BUONA SALDABILITA' NELLA CONDIZIONE COSI' COME COLATI E LORO USO PER LA
PRODUZIONE DI MANUFATTI SALDATI

SIB 91339

DESCRIZIONE dell'Invenzione industriale dal titolo:
"PROCEDIMENTO PER LA PRODUZIONE DI NASTRI DI
ACCIAIO INOSSIDABILE AUSTENITICO, NASTRI DI ACCIAIO
INOSSIDABILE AUSTENITICO COSÌ OTTENIBILI CON BUONA
SALDABILITÀ NELLA CONDIZIONE COSÌ COME COLATI E
LORO USO PER LA PRODUZIONE DI MANUFATTI SALDATI"
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
procedimento per la produzione, mediante
solidificazione in una lingottiera a rulli
controrotanti di un apparecchio di colata continua,
di nastri di acciaio inossidabile austenitico con
una buona saldabilità nella condizione così come
colati. Inoltre, la presente invenzione si
riferisce ad un nastro di acciaio inossidabile
austenitico ottenibile tramite il suddetto
procedimento ed idoneo alla produzione di tubi
saldati.

È noto che gli acciai inossidabili austenitici

presentano una eccellente resistenza alla corrosione ed all'ossidazione unita a buone proprietà meccaniche. Difatti, tali tipi di acciaio vengono spesso impiegati per la produzione di tubi a partire da prodotti piatti provenienti da laminazioni a caldo eventualmente seguite da laminazioni a freddo.

Normalmente, i nastri sottili di acciaio inossidabile vengono ottenuti tramite un procedimento convenzionale che prevede la colata continua di bramme, seguita da eventuale molatura, riscaldamento della bramme a 1000-1200°C, laminazione a caldo, ricottura, eventualmente seguita da laminazione a freddo, ricottura finale e decapaggio.

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 colaggio diretto di nastri è una tecnica recente, ancora in fase di sviluppo illustrata, ad esempio, in "Recent developments of Twin-Roll Strip Casting process at AST Terni Steelworks" degli autori R.Tonelli, L.Sartini, R.Capotosti, A.Contaretti; Proc. of METEC Congress 94 Dusseldorf, June 20-22 1994., che

permette di produrre direttamente nastri come prodotto colato e con spessori sottili, eliminando così l'operazione di laminazione a caldo.

Per produrre nastri di acciaio austenitico idonei all'impiego nelle condizioni di così come colati, è necessario intervenire sulle modalità di solidificazione primaria. Infatti, la struttura di solidificazione primaria può cambiare da austenite a ferrite (ferrite- δ) in funzione della composizione chimica dell'acciaio e delle velocità di raffreddamento adottate durante la solidificazione.

La formazione di una opportuna quantità di ferrite- δ durante il processo di solidificazione è fondamentale per evitare la formazione di cricche sui nastri colati. La presenza di ferrite δ è altresì benefica per la successiva saldabilità dei nastri per evitare cricche a caldo. D'altro canto, un eccesso della stessa, in corrispondenza delle saldature, potrebbe comportare rischi dal punto di vista della resistenza alla corrosione e della duttilità.

Sono noti dallo stato della tecnica vari procedimenti di controllo delle condizioni di colaggio diretto di nastri di acciaio inossidabile

austenitico. Per esempio, EP 0378705 B1 descrive un procedimento di produzione di nastri sottili di acciaio inossidabile mirato all'ottenimento di buone qualità superficiali tramite il controllo differenziato delle velocità di raffreddamento ad alta e bassa temperatura e mediante il controllo della percentuale in volume di ferrite δ sul prodotto colato ottenuto.

EP 0463182 B1 descrive invece un procedimento per la produzione di nastri di acciaio inossidabile con eccellenti qualità superficiali basato sull'adozione di uno stadio di permanenza del nastro a specifiche temperature per tempi determinati.

I procedimenti sopracitati sono però finalizzati al miglioramento della qualità superficiale del prodotto finito e non forniscono insegnamenti sull'ottenimento di un prodotto con ottime caratteristiche di saldabilità.

Scopo quindi della presente invenzione è quello di fornire un procedimento di produzione di nastri di acciaio inossidabile austenitico tramite la tecnologia del colaggio diretto in una lingottiera a rulli controrotanti, mirato all'ottenimento di ottime proprietà di saldabilità

sui nastri così come colati.

Altro scopo della presente invenzione è quello di fornire nastri di acciaio inossidabile austenitico, prodotti tramite il suddetto procedimento, che presentano ottime proprietà di saldabilità nella condizione così come colati e sono idonei all'impiego nella produzione di tubi saldati.

Oggetto della presente invenzione è, quindi, un procedimento per la produzione di nastri di acciaio inossidabile austenitico con buona saldabilità nella condizione così come colati, comprendente l'operazione di colare, in una lingottiera a rulli controrotanti di un apparecchio di colata continua, un nastro di spessore compreso tra 1 e 5 mm e con la seguente composizione espressa in percentuale in peso:

Cr 17-20; Ni 6-11; C<0,04; N<0,04; S<0,01; Mn<1,5; Si<1,0; Mo 0-3; Al<0,03; la rimanente parte essendo sostanzialmente Fe e con una percentuale in volume di ferrite δ compresa tra 4 e 10% calcolata tramite la formula:

$$\text{ferrite } \delta = (\text{Creq/Nieq} - 0.728) \times 500/3$$

in cui

$$\text{Creq/Nieq} = [\text{Cr} + \text{Mo} + 1.5\text{Si} + 0.5\text{Nb} + 0.25\text{Ta} +$$

$2.5(Al+Ti) + 18]/[Ni + 30(C+N) + 0.5Mn + 36]$.

Inoltre, secondo la presente invenzione, il procedimento prevede che la composizione del nastro comprenda, eventualmente, Ti, Nb, Ta in modo tale che:

$Ti + 0,5(Nb+Ta) > 6C+3S$ se $Ti > 6S$, oppure

$Nb + Ta > 12C$ se $Ti < 6S$.

Essendo in ogni caso $Nb+Ti+Ta < 1.0\%$

Ulteriormente, secondo la presente invenzione, il procedimento prevede, eventualmente, di riscaldare il nastro ad una temperatura compresa tra 900 e 1200°C per un periodo di tempo inferiore a 5 minuti.

Inoltre, è oggetto della presente invenzione, un nastro di acciaio inossidabile austenitico ottenibile tramite il suddetto procedimento ed atto a essere usato per la produzione di tubi saldati.

Il nastro di acciaio inossidabile austenitico viene prodotto secondo l'invenzione con uno spessore finale compreso tra 1 e 5 mm. La struttura di solidificazione dendritica risultante è molto fine, presenta grani colonnari ed una zona centrale equiassica, con dimensioni medie dei grani comprese fra 30 e 80 μm .

Inoltre l'assenza di segregazione centrale di

elementi quali C, Cr, Ni conferisce al materiale omogeneità di proprietà, di grande importanza, unitamente alle contenute dimensioni dei grani, sia per le operazioni di formatura che di saldabilità.

Il nastro allo stato di così come colato, presenta un tasso di incrudimento residuo molto inferiore rispetto a quello di un nastro laminato a caldo da ciclo convenzionale, non necessita quindi di trattamenti termici di distensione prima dell'utilizzo in operazioni di formatura.

La presente invenzione presenta anche il vantaggio che i nastri così ottenuti forniscono un materiale idoneo a venire saldato per la fabbricazione di tubi saldati senza che questi ultimi debbano essere sottoposti a trattamenti termici finali.

Un altro vantaggio della presente invenzione è dato dal fatto che un nastro di acciaio inossidabile austenitico così prodotto, contenente eventualmente elementi quali Ta, Ti, Nb non presenta l'effetto della decromizzazione dei bordi dei grani causata dalla precipitazione dei carburi di Cr, fornendo quindi un miglioramento della resistenza alla corrosione e della duttilità della zona saldata.

La presente invenzione verrà in seguito meglio illustrata dalla descrizione dettagliata di una sua forma di realizzazione, data a titolo esemplificativo e non limitativo, facendo riferimento ai disegni annessi, in cui:

la figura 1 mostra uno schema semplificato della macchina di colata continua a rulli controrotanti per nastri sottili, secondo la presente invenzione;

la figura 2 mostra una microfotografia effettuata al microscopio ottico della microstruttura di un nastro di acciaio inossidabile ottenuto secondo la presente invenzione;

la figura 3 mostra una microfotografia effettuata al microscopio elettronico a trasmissione che evidenzia la morfologia e le dimensioni tipiche di un grano della struttura di solidificazione di un nastro di acciaio inossidabile austenitico ottenuto con il procedimento della presente invenzione; e

la figura 4 mostra una microfotografia effettuata al microscopio ottico che riproduce la microstruttura di un giunto saldato con procedimento TIG (Tungsten Inert Gas), realizzato su nastro di acciaio inossidabile austenitico

secondo la presente invenzione.

Facendo riferimento ora alla figura 1, per eseguire il procedimento della presente invenzione è prevista una macchina di colata continua 1 a rulli controrotanti a valle della quale fuoriesce un nastro 2 sottile. Inoltre, successivamente è prevista una stazione di raffreddamento controllato 3 ed una aspo avvolgitore 4.

Sono state effettuate serie di colate sperimentali di nastri di spessore compreso fra 2,0 e 2,5 mm, impiegando il procedimento della presente invenzione.

Tutti i provini hanno mostrato buone proprietà meccaniche e di microstruttura. La composizione chimica dei provini era definita nel seguente campo:

Cr = 17-20%; Ni = 6-11%; Al < 0,03; C < 0.04%; N < 0.04%; S < 0.01%, Mn < 1.5%, Si < 1.0%, Mo = 0-3%. La frazione in volume di ferrite δ calcolata era compresa nell'intervallo 3-11%.

Con il procedimento della presente invenzione, le proprietà meccaniche tipiche di un nastro colato sono:

$R_{p0.2} = 230$ MPa (Carico unitario di snervamento)

$R_m = 520$ MPa (Carico unitario di rottura)

A = 50% (Allungamento a rottura)

Tramite una serie di procedure e prove di saldabilità, sono state valutate le prestazioni delle saldature collegandole alla composizione chimica ed al contenuto di ferrite δ . È stato trovato che i nastri con una frazione volumetrica di ferrite δ inferiore al 4% presentavano la tendenza a fessurarsi a caldo e le saldature non superavano le prove di piegatura. D'altro canto, un contenuto di ferrite δ superiore al 10% è stato scoperto che era sufficiente per indurre scarsa resistenza alla corrosione localizzata, in particolare alla "pitting corrosion".

Tale effetto è dovuto al diverso contenuto di cromo tra la ferrite e l'austenite dando come risultato una diminuzione di cromo nella fase γ . Per tali motivi, la composizione chimica di tali tipi di acciai deve venire controllata strettamente.

Inoltre, si è notato che il trattamento di ricottura effettuato sui nastri colati era conveniente per riportare il contenuto di ferrite δ entro l'intervallo voluto nei casi in cui, per effetto di una composizione chimica non ben controllata, esso risultava superiore al valore

massimo desiderato. Infatti, si è trovato che il contenuto di ferrite δ diminuiva all'aumentare del tempo e della temperatura di ricottura.

Ulteriormente, si è scoperto che l'aggiunta di elementi quali titanio, niobio e tantalio, che formano carburi ad elevata stabilità sono di elevata efficacia nell'inibire la formazione di carburi di cromo intergranulari, evitando quindi l'impoverimento di cromo nella zona termicamente alterata della saldatura. Per effetto di questo risultato viene migliorata la resistenza alla corrosione intergranulare.

Inoltre, l'aggiunta di elementi quali titanio, niobio, tantalio, tramite la formazione dei loro carburi, inibendo la crescita delle dimensioni dei grani induce una maggiore duttilità della zona termicamente alterata della saldatura.

Qui di seguito verranno riportati, a titolo esemplificativo e non limitativo, esempi illustrativi e comparativi di prove sperimentali eseguite sia su nastri prodotti con il procedimento della presente invenzione che su nastri prodotti con tecnologie usuali, con riferimento alle figure 2, 3 e 4 e alle tabelle annesse le quali, per semplicità descrittiva, vengono riportate alla fine

degli esempi descritti.

ESEMPIO 1

I nastri con composizione (a) come mostrato nella tabella 1 sono stati prodotti secondo il procedimento della presente invenzione.

L'acciaio liquido è stato colato in una macchina di colata continua verticale con lingottiera a rulli controrotanti per formare nastri colati dello spessore di 2 mm. Il nastro è stato raffreddato immediatamente all'uscita della lingottiera con ad una velocità di circa 25°C/s , avvolgendolo successivamente su un aspo avvolgitore alla temperatura di 950°C . La frazione volumetrica di ferrite δ è stata calcolata attorno a 6.4%.

Quindi il nastro è stato decapato, sagomato e saldato tramite saldatura TIG per formare tubi a sezione tonda da 100 mm di diametro e tubi a sezione quadrata da 30 x 30 mm. Il procedimento di saldatura è stato effettuato con i seguenti parametri di processo: corrente di saldatura 130A, velocità di avanzamento della torcia 28 e 34 cm/min, gas di protezione argon (portata 7 l/min).

La microstruttura del giunto saldato è mostrata nella figura 4. La misura della frazione

volumetrica di ferrite δ in corrispondenza del giunto saldato ha fornito il valore di 6.0%. La resistenza alla rottura della saldatura è stata determinata tramite prove di trazione e prove di piega, l'integrità della saldatura è stata rilevata mediante analisi con ultrasuoni. Nella tabella 2 sono riportati i risultati delle prove di trazione effettuate sui giunti saldati realizzati con i nastri di composizione chimica (a).

Alla fine delle prove, né difetti né fessurazioni sono state riscontrate nelle zone saldate. Sono state inoltre eseguite prove di corrosione intergranulare secondo norma ASTM A262 pratica C (test di Huey) che prevede 5 cicli di esposizione di 48 ore ciascuna in HNO_3 bollente. La velocità di corrosione di due campioni ricavati dallo stesso nastro sono riportate in tabella 3 e mostrano un valore (circa 0.35 mm/anno) compatibile con le applicazioni prospettate, e confrontabile con quello di prodotti ottenuti con le tecnologie tradizionali.

ESEMPIO 2

un altro nastro è stato prodotto tramite il procedimento della presente invenzione ma di

diversa composizione chimica (nella tabella 1 riportato con "b").

Il contenuto di ferrite δ calcolato era di 2.9% e da tale nastro sono stati ottenuti tubi saldati quadrati da 30 x 30 mm.

L'esame dei tubi saldati condotto con la metodologia degli ultrasuoni ha evidenziato nelle saldature la presenza di cricche e, dopo la prova di piega, sono apparse fessurazioni.

ESEMPIO 3

Un nastro di composizione "c" come da tabella 1 è stato prodotto secondo il procedimento della presente invenzione. Il contenuto di ferrite δ calcolato era 11.1%. Ciò rendeva il nastro non adatto alle prestazioni richieste secondo la presente invenzione.

Tale nastro è stato quindi sottoposto ad un trattamento di ricottura a 1100°C per 5 min .

Successivamente, il contenuto di ferrite δ misurato nella lamina era 7%. Quindi il nastro è stato decapato, sagomato e saldato tramite saldatura TIG per formare tubi a sezione tonda da 100 mm di diametro e tubi a sezione quadrata da 30 x 30 mm. Il procedimento di saldatura è stato

effettuato con i seguenti parametri di processo:
corrente di saldatura 132A, velocità di avanzamento
della torcia 28 34 cm/min, gas di protezione argon
(portata 7 l/min)

Quindi, sono state condotte sui giunti saldati
ottenuti con il suddetto nastro prove di trazione e
di piega; l'integrità delle saldature è stata
rilevata mediante analisi con ultrasuoni. In
tabella 2 sono riportate le caratteristiche
meccaniche dei giunti saldati realizzati con
l'acciaio a composizione (c). Nessun difetto né
rottura è stato riscontrato nelle zone saldate. Le
prove di corrosione intergranulare condotte nelle
stesse condizioni dell'esempio 1 hanno fornito
valori di velocità media di corrosione di 0.4
mm/anno (vedi tabella 3) paragonabili a quelli
dell'acciaio di composizione "a".

Tabella 1: Composizione chimica degli acciai utilizzati negli esempi 1, 2, 3 (% peso)

Acciaio	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	N	Al	Ti	Nb	δ -ferrite
a	0.040	0.36	1.47	0.027	0.001	8.06	18.04	0.28	0.050	0.003	0.005	0.005	6.4
b	0.041	0.44	1.73	0.026	0.001	9.40	17.80	0.18	0.035	0.005	0.005	0.005	2.9
c	0.038	0.36	1.54	0.038	0.001	7.4	18.60	0.15	0.036	0.005	0.005	0.005	11.09

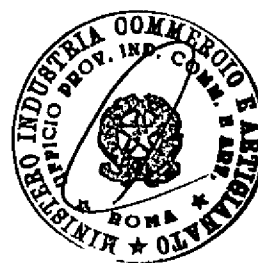
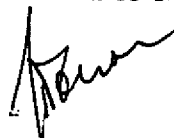
Tabella 2: Risultati delle prove di trazione effettuate sui giunti saldati citati negli esempi.

Acciaio	Apporto termico (KJ/mm)	Rp0.2 (MPa)	Rm (MPa)	A ₉₀ (%)	Localizzazione frattura
a	0.30	255	534	35.6	Materiale base
	0.25	280	580	34.4	Materiale base
c	0.31	307.1	666.5	31.1	Materiale base
	0.27	306.3	699.4	35.2	Materiale base

Tabella 3: Prove di corrosione intergranulare (ASTM A262 - C) effettuate sui giunti saldati citati negli esempi.

Acciaio	Velocità di corrosione (mm/anno)
a	0.34 - 0.36
c	0.43 - 0.40
Mat. convenzionale	0.40 - 0.60

Gilberto Tonon
(Iscr. Albo n. 83 BM)



R M 97 A 0488

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la produzione di nastri di acciaio inossidabile austenitico con buona saldabilità nella condizione così come colati, comprendente l'operazione di colare, in una lingottiera a rulli controrotanti di un apparecchio di colata continua, un nastro di spessore compreso tra 1 e 5 mm e con la seguente composizione espressa in percentuale in peso:

Cr 17-20; Ni 6-11; C<0,04; N<0,04; S<0,01; Mn<1,5; Si<1,0; Mo 0-3; Al<0,03; la rimanente parte essendo sostanzialmente Fe, avente una microstruttura di solidificazione dendritica con dimensioni medie dei grani, misurate su una sezione parallela alla superficie del nastro, compresa fra 30 e 80 μ m, e con una percentuale in volume di ferrite δ compresa tra 4 e 10% calcolata tramite la formula:

$$\text{ferrite } \delta = (\text{Creq/Nieq} - 0,728) \times 500/3$$

in cui

$\text{Creq/Nieq} = [\text{Cr} + \text{Mo} + 1,5\text{Si} + 0,5\text{Nb} + 0,25\text{Ta} + 2,5(\text{Al} + \text{Ti}) + 18] / [\text{Ni} + 30(\text{C} + \text{N}) + 0,5\text{Mn} + 36]$, dove i simboli degli elementi rappresentano la loro percentuale in peso nella composizione.

2. Procedimento per la produzione di nastri di acciaio inossidabile austenitico con buona

saldabilità nella condizione così come colati secondo la rivendicazione 1, in cui dopo la colata è prevista l'operazione di raffreddamento controllato del nastro ad una velocità di raffreddamento compresa tra 20 e 50°C/s.

3. Procedimento per la produzione di nastri di acciaio inossidabile austenitico con buona saldabilità nella condizione così come colati, secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui la composizione del nastro prevede la presenza, a spese del ferro, di Ti, Nb, Ta in modo tale che:

$$\text{Ti} + 0,5(\text{Nb} + \text{Ta}) > 6\text{C} - 3\text{S} \quad \text{se } \text{Ti} > 6\text{S}; \text{ oppure}$$

$$\text{Nb} + \text{Ta} > 12\text{C} \quad \text{se } \text{Ti} < 6\text{S},$$

essendo in ogni caso $\text{Nb} + \text{Ti} + \text{Ta} < 1,0\%$.

4. Procedimento per la produzione di nastri di acciaio inossidabile austenitico con buona saldabilità nella condizione così come colati, secondo la rivendicazione 1 o 2 o 3, in cui dopo colata il nastro viene riscaldato ad una temperatura compresa tra 1000 e 1200°C per un periodo di tempo inferiore a 5 minuti.

5. Nastro di acciaio inossidabile austenitico caratterizzato dal fatto di essere ottenibile tramite il procedimento della rivendicazione 1.

6. Uso di un nastro di acciaio inossidabile

austenitico secondo la rivendicazione 5 per la produzione di manufatti saldati quali, ad esempio, tubi saldati.

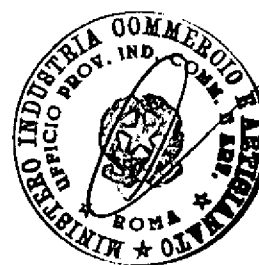
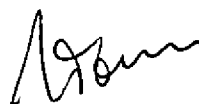
7. Manufatti saldati, caratterizzati dal fatto di essere prodotti con l'uso di un nastro di acciaio secondo la rivendicazione 5 o 6.

8. Procedimento per la produzione di nastri di acciaio inossidabile austenitico, nastro di acciaio inossidabile austenitico così ottenibile ed uso dello stesso per la produzione di manufatti saldati come precedentemente descritto, esemplificato e rivendicato.

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

2) VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau GmbH

Gilberto Tonon
(iscr. Albo n. 83 BM)



S.I.B.
ROMA

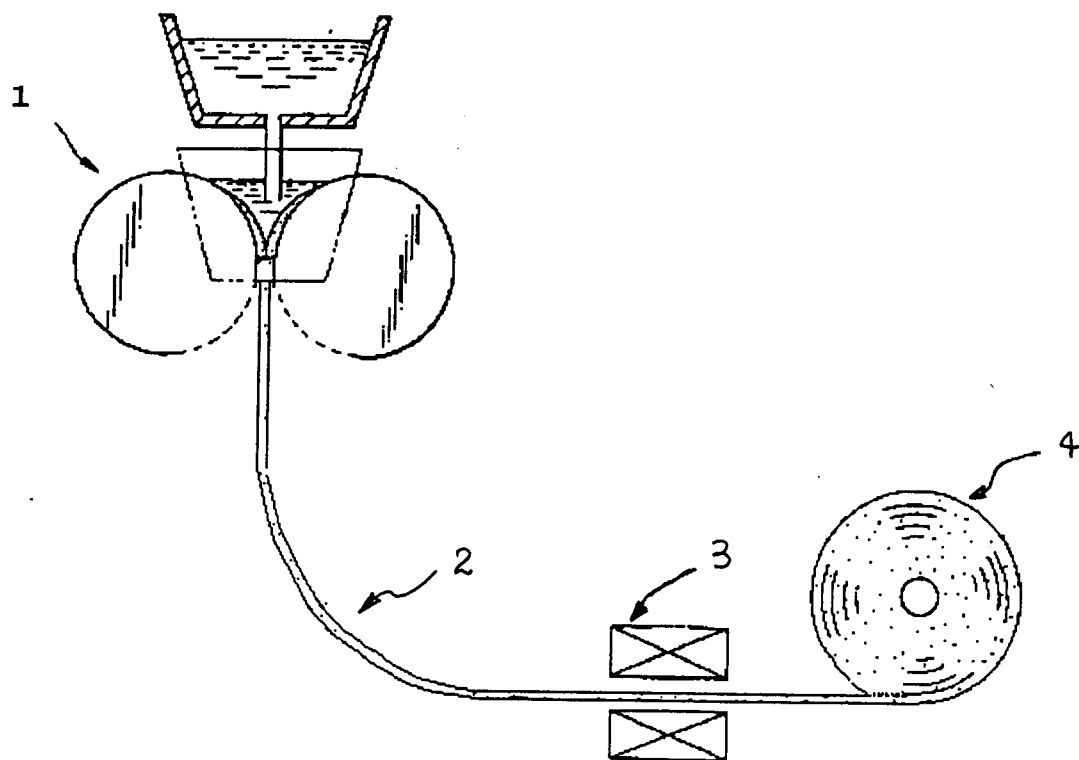
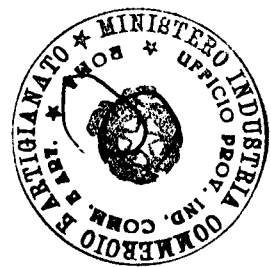


FIG. 1



RM 97 A 0488

Alberto Cordeschi
(iscr. Albo n. 409 B)

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

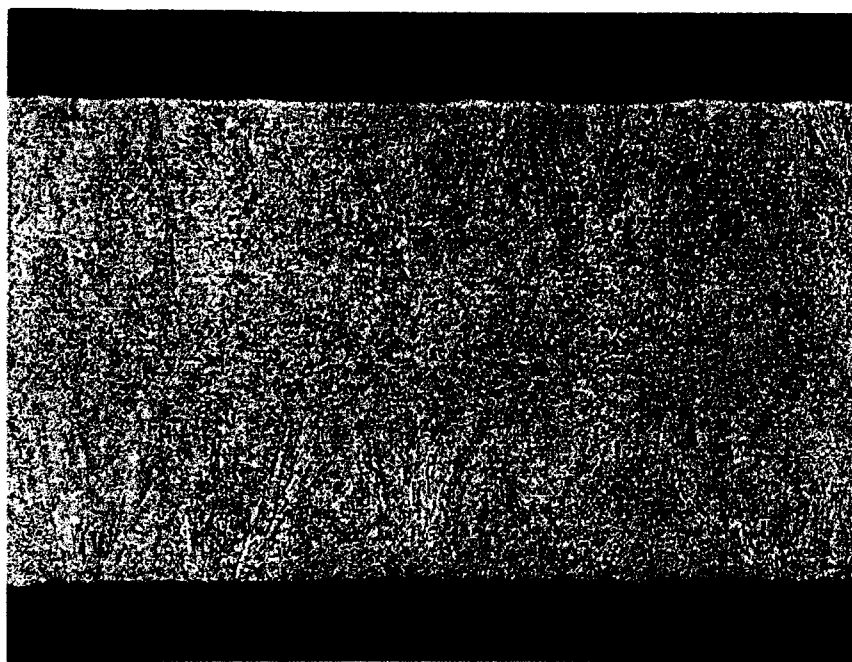
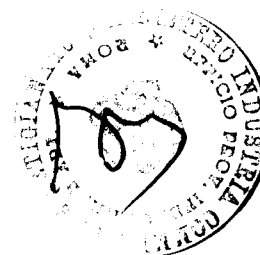


FIG. 2



RM 1164



FIG. 3

102

Alberto Cordeschi
(Iscr. Albo n. 409 B)

Alberto Cordeschi

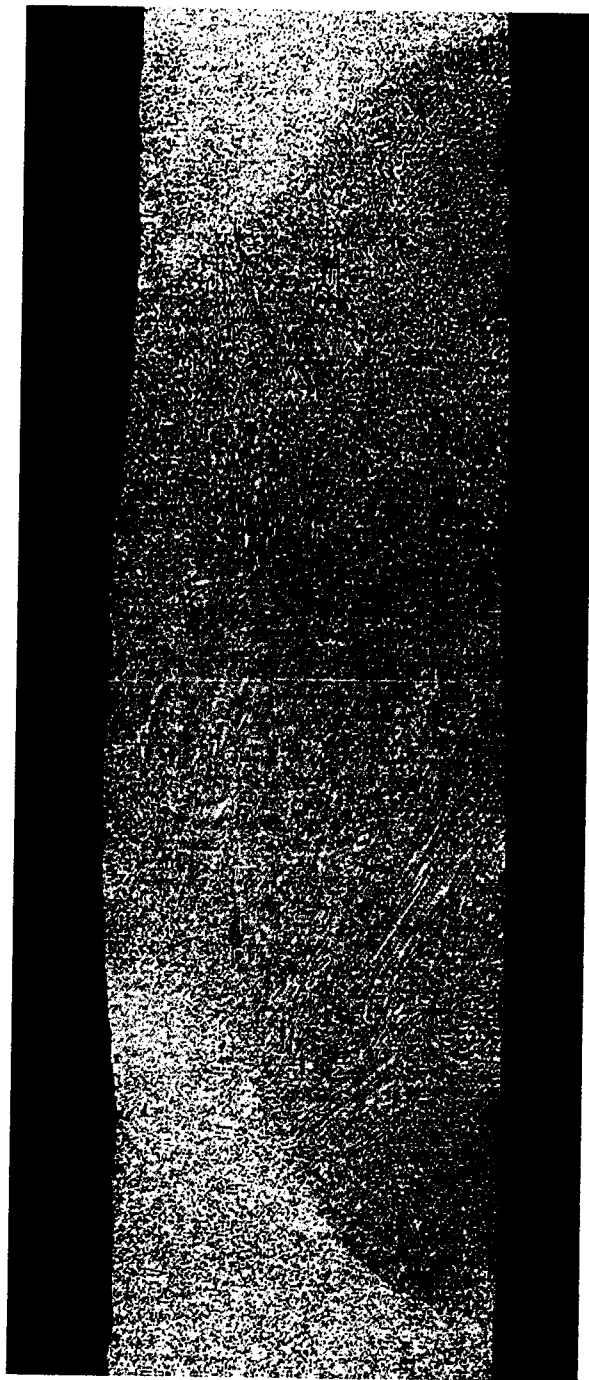


FIG. 4

