



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

UTBM

DOMANDA NUMERO	101981900000262
Data Deposito	27/02/1981
Data Pubblicazione	27/08/1982

Priorità	25619/1980
Nazione Priorità	JP
Data Deposito Priorità	29-FEB-80

Titolo

PROCEDIMENTO PER LA FABBRICAZIONE DI PIASTRE DI ACCIAIO INOSSIDABILE
FERRITICO CON BUONA FORMABILITA', ASPETTO SUPERFICIALE E RESISTENZA ALLA
CORROSIONE.

DOCUMENTAZIONE RILEGATA

1

8 11

GOVERNO GIAPPONESE

UFFICIO BREVETTI

Con la presente si certifica che l'allegata è una copia conforme della seguente domanda come depositata presso questo ufficio.

Data della domanda: 29 Febbraio 1980

Numero della domanda: Domanda di brevetto giapponese No.
55-25619 (25619/1980)

Richiedente: SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.
NIPPON STAINLESS STEEL CO., LTD.

Datato questo 10 giorno di marzo 1981.

Direttore-Generale

Ufficio Brevetti

Haruki Shimada

Certificato No.

56-5283

(5283/1981)

(sigillo)

DOMANDA DI BREVETTO

A: Mr. Yoshio Kawahara, Direttore-Generale

dell'ufficio brevetti

1. Titolo dell'invenzione

"Procedimento per la fabbricazione di una lastra di
acciaio inossidabile ferritico avente buona forma-
bilità ed aspetto superficiale"

2. Inventori

Indirizzo: c/o Central Research Laboratories di
Sumitomo Metal Industries, Ltd.
3 Nishinagasu-Hondori 1-chome, Amagasaki-shi

Nome: Masao Koike (e due altri)

3. Richiedenti

Indirizzo: 15, 5-chome, Kitahama, Higashi-ku, Osaka-shi

Nome: (211) Sumitomo Metal Industries, Ltd.

(Norifumi Kumagai, rappresentante)

(e un altro)

4. Agente

Indirizzo: Taika Bldg, 44 Kawaramachi 5-chome, Higashi-ku
Osaka-shi, 541
Telefono: Osaka (201) 3851

Nome: (5937) Motoshige Ubukata Procuratore di brevetto

5/ Lista dei documenti allegati

(1) Descrizione..... 1 copia

(2) Disegni.....1

(3) Procura di procuratore..... 1 copia (la procura della Nippon
Stainless sarà depositata
in seguito).

(4) Copia della petizione della
domanda di brevetto 1 copia

6. Inventori e richiedente diversi da quelli menzionati
sopra.

(1) Inventori:

Indirizzo: c/o Central Research Laboratories di
Sumitomo Metal Industries, Ltd.
3 Nishinagasu-Hondori 1-chome
Amagasaki-shi

Nome: Yutaka Hayashi

Indirizzo: c/o Naoetsu Research Laboratory di
Nippon Stainless Steel Co., Ltd.
12-1 Minatomachi 2-chome, Joetsu-shi
Niigata-ken

Nome: Masayoshi Ogaya

(2) Richiedente

Indirizzo No. 8-2 Honshio-cho, Shinjuku-ku, Tokyo

Nome: Nippon Stainless Steel Co., Ltd.

(Kikuo Morikawa, rappresentate)

DESCRIZIONE

1. Titolo dell'invenzione

"Procedimento per la fabbricazione di una lastra di
acciaio inossidabile ferritico avente buona forma-
bilità ed aspetto superficiale"

2. Ambito di rivendicazione di brevetto

1. Procedimento per la fabbricazione di una lastra di acciaio inossidabile ferritico avente buona formabilità ed aspetto superficiale, caratterizzato dal fatto di comprendere le operazioni di laminare a caldo un acciaio inossidabile ferritico di elevata purezza contenente Nb con una temperatura di finitura di 850°C o meno, applicare una ricottura ad una temperatura di 950-1050°C e quindi eseguire la laminazione a freddo e la ricottura di ricristallizzazione.

2. Procedimento per la fabbricazione di una lastra di acciaio inossidabile ferritico avente buona formabilità ed aspetto superficiale, come definito nella rivendicazione 1, in cui detto acciaio inossidabile ferritico di elevata purezza contenente Nb comprende: C, non più di 0,02%; N non più di 0,02%, Nb, 0,3-2,0% Cr, 12,00-25,00%, Si, non più di 1,0%; Mn non più di 1,0%; P, non più di 0,04% e S, non più di 0,02%.

3. Descrizione dettagliata dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce ad un procedimento per la fabbricazione di una lastra di acciaio inossidabile ferritico avente un buon aspetto superficiale dopo la formatura alla pressa, come anche buona resistenza alla corrosione e forma-

bilità.

Poichè i materiali da impiegare nella produzione di pezzi stampati per automobili, per esempio, debbono essere sottoposti ad una severa formatura, si desidera che questi materiali abbiano una formabilità specialmente superiore; in aggiunta, essi hanno un buon aspetto superficiale dopo la formazione, come anche elevata resistenza alla corrosione.

Finora i materiali SUS 430 e SUS 434 sono stati largamente usati per queste applicazioni. Tuttavia l'acciaio SUS 430 non è ancora soddisfacente per quanto riguarda la resistenza alla corrosione.

L'impiego dell'acciaio SUS 434, anche se questo acciaio presenta soddisfacente resistenza alla corrosione, spinge in alto il costo del materiale a causa del fatto che in esso viene incorporato del molibdeno. In aggiunta, la formabilità dell'acciaio SUS 434 è scarsa. Perciò questo tipo di materiale non è desiderabile per gli operatori.

Esempi di acciaio inossidabile ferritico di elevata purezza relativamente economico avente buona formabilità oltre che buona resistenza alla corrosione sono gli acciai inossidabili ferritici, di elevata purezza a cui sono stati aggiunti Ti, Zr, Nb eccetera. E' ben noto nella tecnica che la riduzione

del contenuto di carbonio e di azoto e l'aggiunta di Ti, Zr, Nb, eccetera, sono in grado di perfezionare la resistenza alla corrosione e la formabilità dello acciaio inossidabile ferritico di elevata purezza. Questi additivi vengono usati non soltanto per il fissaggio del carbonio e dell'azoto ma anche come formatori di carbonitruri per impedire la formazione di una struttura cristallina testurizzata. Fra questi additivi, il Ti o lo Zr sono più comunemente impiegati nella pratica commerciale. Tuttavia, l'aggiunta di Ti e di Zr tende a reagire con N e con O nell'acciaio durante il procedimento di fabbricazione dell'acciaio così da formare grandi grappoli che comportano difetti superficiali per esempio dei difetti a striatura ed un aspetto bianco-nebuloso nel prodotto. Pertanto, l'aggiunta di questi elementi non può essere effettuata al materiale da usare per la produzione di pezzi stampati per automobili, per esempio, i quali debbono avere buon aspetto superficiale per scopi ornamentali. Al contrario, quando si aggiunge Nb, le inclusioni sono finemente disperse ed il risultante acciaio è privo di difetti superficiali, quali i difetti a striatura e l'aspetto bianco-nebuloso. Tuttavia, il risultante acciaio presenterà l'inconveniente della formazione di creste accompagnate dal

la superficie a "buccia di arancio" che si ritiene sia provocata da granuli cristallini più grossolani nel nastro di acciaio laminato a caldo. Perciò in questo caso, inoltre, l'aspetto superficiale dopo la formazione non è usualmente buono.

Allo scopo di evitare la formazione dei difetti sotto forma di striature, che vengono provocati dall'aggiunta di Ti o di Zr, come precedentemente menzionato, alcune proposte per la regolazione del procedimento di fabbricazione dell'acciaio e per le condizioni di decapaggio si trovano nelle descrizioni di brevetti giapponesi Numeri 38236/1976 e 60626/1976. Tuttavia, nessuna di esse può così facilmente essere posta in applicazione pratica e tali proposte presentano un certo numero di problemi difficili da risolvere.

Considerando questi problemi nella tecnica, gli inventori della presente invenzione hanno indirizzato il loro studio verso un acciaio inossidabile ferritico contenente Nb relativamente economico con lo scopo di fornire un procedimento per il perfezionamento della resistenza alla formazione di creste (in seguito denominata "resistenza alla formazione di creste") mantenendo nello stesso tempo buona resistenza alla corrosione e formabilità che l'acciaio

ferritico inossidabile contenente Rb può fornire.

Dopo intensi esperimenti e studi gli inventori sono riusciti ad ottenere una notevole resistenza

alla formazione di creste mantenendo o perfezionando

ulteriormente la resistenza alla corrosione e la for-

mabilità originariamente possedute da un acciaio fer-

ritico dopo la laminazione a freddo mediante il con-

trollo principalmente di due fattori, vale a dire le

condizioni della laminazione a caldo e delle condizioni

di ricottura per il nastro laminato a caldo.

Precisamente, la presente invenzione consiste

in un procedimento per la fabbricazione di una lastra di

acciaio inossidabile ferritico caratterizzato dal fat-

to di comprendere le seguenti operazioni: (1) laminare

a caldo un acciaio inossidabile ferritico di elevata

purezza contenente Nb con una temperatura di finitura

di 850°C o meno; (2) applicare una ricottura ad una

temperatura di 950-1050°C in modo continuo e quindi

eseguire la laminazione a freddo e la ricottura di

ricristallizzazione in maniera convenzionale. In con-

formità alla presente invenzione, è possibile produrre

una lastra di acciaio laminata a freddo avente buona

resistenza alla corrosione e buona formabilità, come,

anche un soddisfacente aspetto superficiale dopo esse-

re stata formata. Pertanto, la lastra di acciaio la-

minata a freddo secondo la presente invenzione è conveniente per la fabbricazione di pezzi stampati per automobili. Poichè il procedimento della presente invenzione richiede soltanto la variazione delle condizioni di temperatura del procedimento convenzionale, l'applicazione commerciale della presente invenzione non richiede alcuna complicata modificazione o apparecchiature supplementari nella convenzionale linea di produzione commerciale. Inoltre, il procedimento della presente invenzione può essere applicato non soltanto alla piastra ottenuta per mezzo di un procedimento per la fabbricazione di lingotti, ma alla piastra o slebo ottenuta per mezzo di un procedimento di colata continua con soddisfacenti risultati, anche se questa ultima piastra in generale è stata ritenuta una piastra avente proprietà degradate.

Le ragioni per definire le condizioni del procedimento di fabbricazione come (1) e (2) in quel che precede sono le seguenti.

(1) Poichè è convenzionale effettuare la laminazione a caldo immediatamente dopo il trattamento termico prolungato (soaking), che viene eseguito ad una temperatura di circa 1200°C, la temperatura di finitura convenzionale è usualmente di 880-920°C.

In conformità alle scoperte degli inventori della pre-

sente invenzione, comunque, le condizioni della temperatura di laminazione a caldo, particolarmente le condizioni di temperatura di finitura della laminazione a caldo sono molto importanti nel caso dello acciaio inossidabile ferritico contenente Nb. Quanto minore è la temperatura di finitura, tanto maggiore è la resistenza alla formazione di creste e quanto inferiore è la temperatura di finitura, tanto più viene perfezionata la formabilità. Si ritiene che la sollecitazione residua che serve come nucleo per la ricristallizzazione a seguito della ricottura aumenta con il diminuire della temperatura di finitura; in aggiunta, i carbo-nitruri di niobio sono finalmente dispersi intimamente nella matrice, impedendo l'accrescimento dei cristalli. Pertanto, la formazione di granuli grossi viene impedita con notevole perfezionamento della resistenza alla formazione di creste nella formabilità. Allo scopo di abbassare la temperatura di finitura, è desiderabile ridurre la stessa temperatura del post-trattamento termico.

(2) Per quanto riguarda le condizioni di ricottura del nastro di acciaio laminato a caldo, gli inventori della presente invenzione hanno constatato che lo effetto che è stato ottenuto riducendo la temperatura di finitura può essere aumentato al mas-

simo quando la ricottura viene eseguita ad una temperatura superiore alla convenzionale temperatura di ricottura di 900°C. Le ragioni per cui la temperatura di ricottura è critica possono essere spiegate come segue. In altre parole, l'operazione di ricottura prima della laminazione a freddo viene eseguita per accelerare il progredire della ricristallizzazione, in modo da disperdere l'orientamento dei granuli dei cristalli in maniera casuale e rendere i granuli ricristallizzati i più piccoli possibile. Questa operazione, pertanto è efficace per impedire la formazione di creste che si suppone sia provocata dalla presenza di granuli di cristalli grossolani unidirezionalmente orientati.

Questo effetto di prevenire la formazione delle creste è distintivo soltanto quando la temperatura di ricottura è come quella precedentemente indicata.

Una relazione quantitativa fra la temperatura di finitura per la lavorazione a caldo o la temperatura di ricottura per il nastro laminato a caldo e la resistenza alla formazione delle creste e la formabilità è rappresentata nelle figure da 1 a 3.

Questa relazione è stata ottenuta dalla lastra laminata a freddo che è stata prodotta da una composizione

di acciaio rappresentata nella tabella 1 attraverso l'operazione di fabbricazione (1)-(6) rappresentate nella tabella 2 e questa relazione è stata determinata per via sperimentale sulla lastra laminata a freddo in termini di formazione di creste, valore di r ed allungamento. La formazione di creste è stata determinata visualmente sulla superficie della lastra dopo stiramento del 20% sotto trazione ed il suo grado è stato valutato mediante classificazione dell'altezza delle creste nelle seguenti classi A-D:

A: $\leq$ 10 micron	A' : 11-15 micron
B: 16-25 micron	B' : 26-30 micron
C: 30-50 micron	C' : 51-60 micron
D: 60-80 micron	D' : >80 micron

Tabella 1

Nb	C	Si	Mn	P	S	Cu	N ₂
0,44	0,012	0,59	0,51	0,029	0,013	0,40	0,018

Tabella 2

Operazione

1	Preparazione della massa fusa	17 kg sotto vuoto in laboratorio
2	Forgiatura	spessore da 100 mm (lingotto) a 25 mm
3	Laminazione a caldo	spessore da 25 mm a 4 mm (6 passate)

Temperatura di finitura da 680°C
a 900°C

- 4 Ricottura della lastra di riscaldamento a 900-1100°C per acciaio laminata a caldo un minuto e quindi raffreddamento in aria
- 5 laminazione a freddo spessore da 4 mm a 0,8 mm
- 6 ricottura di finitura riscaldamento a 950°C per un minuto e quindi raffreddamento all'aria.

Come appare evidente dalle figure 1 e 2, la formazione delle creste è ridotta ed il valore di r è aumentato con il diminuire della temperatura di finitura in corrispondenza di una temperatura di finitura di 900°C o meno. Questa tendenza viene anche riscontrata in riferimento ai valori di CCV e di Erichsen. In conformità con la presente invenzione, in vista delle proprietà richieste per il materiale che deve essere risolto per la produzione di pezzi stampati per automobili, per esempio, che è sottoposto a severe condizioni di formatura, la temperatura di finitura è limitata a non più di 850°C, in modo tale che si possano ottenere prodotti con qualità di formazione di creste nella classe C oppure anche in classi superiori e con un valore di r superiore a 1,4.

Inoltre, in conformità alla presente invenzione, la temperatura di ricottura per l'operazione di ricottura dopo la laminazione a caldo è definita

come 950-1050°C, in modo tale che, come rappresenta-
to nella figura 3, la resistenza alla formazione di
creste si può ottenere con la classe C o più e con
un allungamento del 34% o più. La figura 4 rappresen-
ta la microstruttura (A) e (B) come quelle ottenute
impiegando una temperatura di finitura della lamina-
zione a caldo ed una temperatura di ricottura rien-
tranti negli intervalli del procedimento della pre-
sente invenzione ed uscenti al di fuori degli intervalli
del procedimento della presente invenzione, rispetti-
vamente. E' distintivo il fatto che la struttura
della microstruttura (A) presenti granuli di cristal-
li ricristallizzati marcatamente fini in confronto
con la microstruttura (B).

Anche se la composizione di lega impiegata
nella presente invenzione non è limitata ad una compo-
sizione specifica, si riconosce dagli inventori della
presente invenzione che una composizione di lega conte-
nente lo 0,3% o più di niobio può fornire risultati
soddisfacenti. La figura 5 rappresenta la relazione fra
il contenuto di niobio e la resistenza alla formazione
di creste. La relazione rappresentata nella figura 5
è stata ottenuta impiegando campioni di piastre di
acciaio laminate a freddo aventi rispettivamente le
composizioni di acciaio (1) (5) rappresentate nella ta-

bella 3 e prodotte attraverso le stesse operazioni rappresentate in detta tabella 2 con una temperatura di finitura di laminazione a caldo di 780°C e con una temperatura di ricottura del nastro laminato a caldo di 1000°C.

Tabella 3

% in peso

	Nb	C	Si	Mn	P	S	Cu	N ₂
1	traccia	0,011	0,60	0,48	0,027	0,013	traccia	0,012
2	0,22	0,010	0,59	0,49	0,029	0,009	"	0,011
3	0,32	0,011	0,60	0,47	0,027	0,0012	"	0,013
4	0,44	0,012	0,59	0,51	0,029	0,013	0,40	0,010
5	0,62	0,011	0,60	0,49	0,029	0,011	traccia	0,009

Secondo la figura 5, si nota che la resistenza alla formazione di creste diminuisce fortemente a partire dal punto in cui il contenuto di niobio è 0,3% con la diminuzione del contenuto di niobio.

E' desiderabile incorporare il niobio in quantità non inferiore a 0,3% ed il limite superiore è desiderabilmente il 2,0%.

Gli intervalli preferiti e le ragioni alla loro base per gli altri elementi della lega usati nella presente invenzione sono brevemente qui descritti:

C: Il contenuto di carbonio è limitato a non più

dello 0,02% in modo da assicurare la desiderata resistenza alla corrosione e formabilità.

N₂: il contenuto di azoto è anche limitato a non più dello 0,02% per la stessa ragione.

Si: Poichè la tenacità e la duttilità si deteriorano quando la proporzione del silicio è superiore all'1,0%; il contenuto di silicio è limitato a non più dell'1,0%.

Mn: Quando il manganese viene aggiunto in quantità superiore a 1,0% il risultante acciaio si indurisce in misura eccessiva. Pertanto, il contenuto di Mn è limitato a non più dell'1,0%.

P: Quando il fosforo supera lo 0,04%, la formabilità si deteriora. La quantità di fosforo è limitata a non più di 0,04%.

S: Quando la quantità di zolfo è superiore a 0,02% la presenza di zolfo influenza negativamente la resistenza alla corrosione. Il contenuto di zolfo deve essere non superiore a 0,02%.

Cr: Il cromo in quantità di 12% o più è necessario per assicurare la resistenza alla corrosione richiesta per l'acciaio inossidabile. Tuttavia, quando il contenuto di cromo è superiore al 25%, la fragilità diventa notevole, comportando difficoltà di fabbricazione dell'acciaio. Pertanto il contenuto di cromo è

limitato al 12,00-25,00%.

Altri elementi di formazione della lega per esempio rame in quantità di 0,1-2,0%, molibdeno in quantità non superiore a 4,0%, alluminio in quantità non superiore a 0,10%, titanio in quantità non superiore a 1%, zirconio in quantità non superiore a 1%, eccetera, possono essere incorporati allo scopo di migliorare la resistenza alla corrosione e così via.

La laminazione a freddo e la ricottura di finitura possono essere eseguite in maniera convenzionale. Tuttavia, è desiderabile regolare la riduzione derivante dalla laminazione a freddo ad un valore il più grande possibile in vista dello spessore del nastro laminato a caldo e dello spessore del prodotto finale. In aggiunta, è desiderabile applicare la laminazione a freddo due volte piuttosto che una volta sola per migliorare la resistenza alla formazione di creste e la formabilità come nel caso dello acciaio SUS 430. Poichè vi è una tendenza alla soppressione della ricristallizzazione dell'acciaio contenente niobio durante la ricottura di finitura, è consigliabile impiegare una temperatura di $950^{\circ}\text{C} \pm 50^{\circ}\text{C}$ come temperatura di ricottura di finitura, che è leggermente superiore alla temperatura di finitura conven-

zionale.

Lo effetto della presente invenzione verrà descritto a titolo di esempio operativo, in cui la presente invenzione è stata eseguita su scala di fabbrica.

Piastre di acciaio laminate a freddo sono state prodotte da composizioni di acciaio aventi le composizioni chimiche rappresentate nella tabella 4 in conformità alle condizioni del procedimento di fabbricazione indicate nella tabella 5. La resistenza alla formazione di cresta, l'allungamento (El), il valore di r ed il valore di Erichsen sono stati determinati su queste lastre di acciaio laminate a freddo.

In aggiunta, usando queste lastre di acciaio, si sono formati alla pressa pezzi stampati per automobili e la formabilità alla pressa e la formazione di creste ed i difetti a striature sono stati esaminati visualmente.

La tabella 6 mostra i risultati di questi esperimenti e lo stato superficiale dopo il trascorrere di un anno.

(segue tabella)

[illegible]

Tabella 5

Opera- zione		
1	Preparazione della massa fusa	80 tonnellate, colata continua, trattamento con AOD
2	laminazione a caldo	spessore da 180 mm a 5,0 mm temperatura di trattamento termico continuato: 1200°C temperatura di finitura: 880°C per gli acciai A, B e C 780°C per l'acciaio D.
3	ricottura del nastro di acciaio laminato a caldo	riscaldamento ad 850°C per 16 ore e quindi raffreddamento in aria per gli acciai A, B e C; riscaldamento a 1000°C per un minuto e quindi raffreddamento all'aria per l'acciaio D.
4	laminazione a freddo, spessore da 4,5 mm a 1,7 mm e quindi	spessore da 4,5 mm a 1,7 mm e quindi a 0,4 mm.
5	ricottura di finitura	riscaldamento ad 830°C per un minuto e quindi raffreddamento all'aria per gli acciai A, B e C; riscaldamento a 950°C per un minuto e quindi raffreddamento all'aria per l'acciaio D.

Tabella 6

Risultati delle prove di adattabilità Formazio- El Valore di r Valore di ne di cre- Erichsen ste*					Formabilità alla pressa nel caso di pezzi stam- pati per automobili Aspetto superficiale	Formazione di creste e difetti a striature	Stato superficiale dopo il trascorrere di un anno
A	B	28,1	1,2	8,5	riscontrate delle strozzature	lieve	ruggine superficiale
B	B	26,3	1,1	8,2	screpolature	relative	priva di ruggine
C	D	30,1	1,2	9,5	buono	rimarchevole (non conveniente)	"
D	A	35,8	1,8	10,3	buono	esente	"

* Valutazione della formazione delle creste identica a quella precedentemente menzionata.

Si nota dalla tabella 6 che la piastra di acciaio D della presente invenzione è superiore per quanto riguarda la resistenza alla formazione di creste, il valore El ed il valore Erichsen. In aggiunta, i risultati della prova di formatura alla pressa dimostrano che la piastra di acciaio della presente invenzione è completamente esente da formazioni di creste e da striature ed è anche esente da screpolature.

D'altra parte la piastra di acciaio di confronto A, corrispondente all'acciaio SUS 430 non è soddisfacente per quanto riguarda la resistenza alla corrosione e la piastra di acciaio di confronto B corrispondente all'acciaio SUS 434 presenta problemi riguardanti la formabilità. La piastra di acciaio C che ha la stessa composizione chimica della piastra di acciaio D della presente invenzione ma è stata fabbricata in maniera convenzionale è soddisfacente per quanto riguarda la formabilità. Tuttavia, la formazione delle creste è stata così marcata che questa piastra di acciaio non ha potuto essere usata praticamente.

Perciò in conformità alla presente invenzione, si può ottenere una piastra di acciaio avente le seguenti proprietà:

(1) Resistenza alla corrosione paragonabile a quella dell'acciaio SUS 434;

(2) Formabilità superiore non soltanto a quella dell'acciaio SUS 430, ma anche a quella dell'acciaio inossidabile ferritico contenente titanio o zirconio;

(3) aspetto superficiale esente da treste o da difetti di striature superficiali anche dopo essere stato sottoposto alle formature; e

4. Relativa economicità.

Precisamente, secondo la presente invenzione, è possibile produrre una piastra di acciaio laminata a freddo avente le summenzionate proprietà (1)-(4) e che è conveniente come materiale per imbutitura profonda, per esempio materiale per pezzi stampati per automobili che deve essere sottoposto a severe condizioni di formatura.

4. Breve descrizione dei disegni

La figura 1 rappresenta un grafico che mostra la relazione fra la temperatura di finitura di laminazione a caldo del campione e la resistenza alla formazione di creste; la figura 2 rappresenta un grafico che mostra la relazione fra la temperatura di finitura della laminazione a caldo ed i valori r ; la figura 3 rappresenta un grafico che mostra la resistenza alla formazione di creste ed il valore di E_l rispetto alla temperatura di ricottura del nastro di acciaio laminato a caldo; la figura 4 rappresenta

le microstrutture del nastro di acciaio laminato a caldo; (A) la presente invenzione è (B) convenzionale; e la figura 5 rappresenta un grafico che mostra la relazione fra il contenuto di niobio del campione e la resistenza alla formazione di creste.

Richiedente: Sumitomo Metal Industries, Ltd.

Richiedente: Nippon Stainless Steel Co., Ltd

Agente: Motoshige Ubukata,

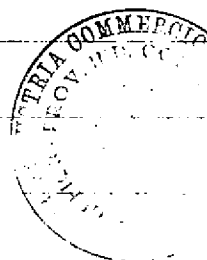
Agente di brevetti

Per traduzione conforme

p.: ING. BARZANO' & ZANARDO ROMA S.p.A.

Ubu

TA/gv



[Signature]
L'ufficiale Rogante

DESCRIZIONE

47910A/81

a corredo di una domanda di brevetto per invenzione,
avente per titolo:

"Procedimento per la fabbricazione di piastre di acciaio inossidabile ferritico con buona formabilità, aspetto superficiale e resistenza alla corrosione".

a nome di: SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. e

NIPPON STAINLESS STEEL CO., LTD.

— " — " — " — " —



RIASSUNTO

Oggetto dell'invenzione è un acciaio inossidabile ferritico contenente dal 12,00 al 25,00% di Cr, da 0,1 a 2,0% di Cu e da 0,2 a 2,0% di Nb, in cui lo zolfo è limitato a non più dello 0,02%, preferibilmente non più dello 0,005%, il quale viene laminato a caldo con una temperatura di finitura di 850°C o meno, che è inferiore alla usuale temperatura di finitura, ed il risultante nastro di acciaio laminato a caldo viene ricotto ad una temperatura relativamente elevata fra 950 a 1050°C. Il risultante foglio di acciaio laminato a freddo, anche se è meno costoso, presenta buona formabilità, resistenza alla formazione di creste, aspetto superficiale e resistenza alla corrosione, oltre ad essere particolarmente conveniente per produrre articoli

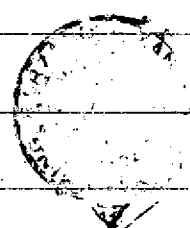
ornamentali, per esempio pezzi stampati per automobili.

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un procedimento per la fabbricazione di un foglio o lamiera di acciaio inossidabile ferritico relativamente economico avente buona formabilità, aspetto superficiale e resistenza alla corrosione.

Le lamiere di acciaio inossidabile sono state largamente usate per la produzione di pannelli esterni ed interni, articoli ornamentali, e così via, in una varietà di campi industriali, poichè le lamiere di acciaio inossidabile presentano buona resistenza alla corrosione oltre che buon aspetto superficiale. Esempi di questi articoli comprendono pannelli esterni per apparecchiatura elettriche, utensili da cucina, materiali da costruzione come porte, manopole e pannelli di pareti, pannelli interni di cabine di ascensori, materiali di trasporto e di automobili con inclusione di specchietti stradali, pannelli esterni per automobili e per treni ed oggetti stampati di finitura e di ornamento per finestrini di automobili.

Una lamiera o piastra di acciaio inossidabile da impiegare in applicazioni come quelle pre-



cedentemente elencate essenzialmente deve possedere almeno le seguenti quattro proprietà:

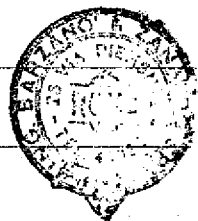
- (1) buona formabilità;
- (2) buon aspetto superficiale;
- (3) perfezionata resistenza alla corrosione, e
- (4) economicità.

(1) Formabilità:

La lamiera di acciaio inossidabile da impiegare in tali applicazioni, in molti casi viene formata nel prodotto finale per mezzo di formatura alla pressa. Pertanto, la formabilità alla pressa, particolarmente la imbutibilità profonda, è molto importante. In aggiunta alla necessità che il materiale possa essere facilmente formato alla pressa è anche molto importante che la lamiera possa essere formata senza provocare la formazione di creste o nervature (qualche volta denominata "formazione di cordoni") durante la formatura. Il termine di formazione di creste significa la tendenza a formare piccole creste sulla superficie della lamiera di acciaio durante una severa operazione di formatura a freddo. Il termine di "resistenza alla formazione di creste" viene usato nel seguito distintamente dal termine di "formabilità".

(2) Aspetto superficiale:

Quando la lamiera di acciaio inossidabile viene usata come pannello esterno o interno oppure come articolo ornamentale, la sua superficie è direttamente esposta alla attenzione di colui che la usa. Pertanto, l'aspetto superficiale è un fattore molto importante per la scelta di un materiale appropriato. Anche se l'acciaio inossidabile presenta in generale una superficie liscia e lucente, qualche volta contiene dei difetti superficiali provocati da inclusioni non metalliche dipendenti dalla sua composizione di lega e dalle condizioni del suo processo di fabbricazione.



La recente tendenza nei materiali a base di acciaio inossidabile, particolarmente per applicazioni ornamentali, oppure per oggetti stampati e rifiniture per finestrini di automobili è che dopo che al materiale sono state imposte severe esigenze di formatura, l'aspetto superficiale e particolarmente la lucentezza superficiale debbono essere buoni per un lungo periodo di tempo. Una tale buona lucentezza superficiale per prolungati periodi di tempo, deve anche essere accompagnata da una buona resistenza alla corrosione. Perciò, la combinazione di un buon aspetto superficiale con buona resistenza alla

corrosione è assolutamente necessaria per soddisfare la recente tendenza.

In aggiunta una superficie della lamiera priva di difetti striati e di aspetto "bianco-nebuloso" è di importanza fondamentale per soddisfare le attuali esigenze a cui sono soggette le lamiere di acciaio inossidabile ferritico.

Il termine di "difetti a striatura" come qui usati indica i difetti simili a striature che si trovano sulla superficie della lamiera provocati da inclusioni di carbonitruri, ossidi, ecc., che si sono estesi nella direzione di laminazione nel corso della laminazione ed il termine di "aspetto bianco nebuloso" significa che lo stato superficiale della lucentezza metallica è stato perduto localmente oppure estesamente durante il decapaggio, per effetto della insolita corrosione di dette inclusioni che si sono disperse nell'area superficiale della lamiera. La superficie si trasforma così in un colore opaco biancastro. Una lamiera di acciaio inossidabile con tali difetti superficiali non è desiderabile per applicazioni come pannelli da costruzione per uso esterno ed interno e come componenti interni ed esterni di automobili che debbono avere effetti decorativi.

(3) Resistenza alla corrosione :

Il materiale da usare nei campi di applicazione precedentemente menzionati in generale viene esposto a condizioni ambientali piuttosto dolci in confronto con le condizioni a cui viene esposto il materiale da usare in apparecchi dell'industria chimica. Tuttavia, poichè è molto importante mantenere un buon aspetto superficiale per scopi decorativi, l'acciaio inossidabile deve sopportare l'atmosfera circostante per un prolungato periodo di tempo senza arruginirsi. Per esempio, se il materiale viene usato per pannelli esterni di automobili, esso sarà esposto ad una atmosfera contenente ioni di cloro, come la brezza marina oppure una strada salata durante l'inverno, per esempio, durante il periodo di trasporto dalla catena di montaggio della fabbrica ad un cliente oppure durante la sua durata utile. Perciò, il materiale deve possedere sufficiente resistenza alla corrosione per non andare soggetto a ruggine in una atmosfera come quella che si incontrerebbe nel normale ambiente in cui esso verrebbe impiegato.

(4) Economicità:

Il materiale da impiegare nelle applicazioni summenzionate viene prodotto in massa ed il co-

sto del materiale deve essere il più basso possibile. In generale un acciaio inossidabile austenitico è superiore all'acciaio inossidabile ferritico per quanto riguarda la sua resistenza alla corrosione e la sua formabilità. Tuttavia, poichè l'acciaio di qualità austenitica contiene una quantità relativamente grande di nichelio, un elemento costoso, la sua applicazione è limitata per effetto del costo del materiale. In aggiunta, un acciaio inossidabile ferritico che contiene molibdeno, che è anche un elemento costoso, non è desiderabile per la stessa ragione.

Poichè gli acciai inossidabili ferritici un cui esempio tipico è l'acciaio JIS SUS 430 corrispondente al tipo AISI 430, contiene dal 16 al 18% di Cr, e non contiene una grande quantità di altri elementi costosi e speciali, l'acciaio di questo tipo è meno costoso. Tuttavia, la sua resistenza alla corrosione non è soddisfacente. Anche la sua formabilità è scadente e non si può impedire la comparsa di creste durante la formazione alla pressa. Allo scopo di eliminare questi inconvenienti, pertanto, è stato proposto di incorporare titanio, zirconio o niobio, come elemento stabilizzante.

L'articolo intitolata "The Effect of

Stabilizing Elements on the Localized Corrosion of High-Purity Ferritic Stainless Steels" di T. Adachi ed altri, Nisshin Seiko Giho, No. 39, Dicembre 1978, pagine 61-73, descrive l'effetto del titanio e del niobio sulla corrosione localizzata dell'acciaio 17 Cr, con la quantità totale di carbonio e di azoto ridotta a 150 parti per milione. Il brevetto statunitense 4.140.526 descrive che lo zirconio può essere incorporato in un acciaio inossidabile ferritico contenente dall'11,0 al 20,0% di Cr per perfezionare la resistenza alla ossidazione oltre che la saldabilità. Un articolo intitolato "Non-Roping Ferritic Chromium Steels" di J. Thompson ed altri, Electric Furnace Conference Proceedings, Volume 19, 1961 AIME, pagine 70-88, riepiloga gli effetti del titanio, dello zirconio, del niobio, ecc., sulla resistenza alla formazione di creste negli acciai inossidabili ferritici.

Perciò, è ben noto nella tecnica che la riduzione del contenuto di carbonio e di azoto e l'aggiunta di titanio, zirconio, niobio, ecc., sono in grado di perfezionare la resistenza alla corrosione e la formabilità e simultaneamente impedire la formazione di creste nell'acciaio inossidabile ferritico di elevata purezza. Questi additivi vengono

impiegati non soltanto per fissare il carbonio e lo azoto, ma anche come formatori di carbo-nitruro per impedire la formazione di una struttura cristallina testurizzata.

"TETSU-TO-HAGANE" Volume 64, No. 11, Settembre 1978, pagina 262 e la pubblicazione di brevetto giapponese No. 6086/1980 (pubblicata il 13 Febbraio 1980) descrivono in breve la relazione esistente fra la formazione delle creste o nervature e le condizioni di laminazione a caldo e le condizioni di ricottura a caldo del nastro nell'acciaio stabilizzato contenente Ti, Zr o Nb (AISI 430). Tuttavia, la descrizione è limitata alla lavorabilità dell'acciaio 17Cr a basso tenore di carbonio con la aggiunta di Ti, Nb o Zr. Questi riferimenti non si riferiscono nè ai difetti superficiali come i difetti di striatura e l'aspetto "bianco-nebuloso" nè alla resistenza alla corrosione. Perciò, essi non suggeriscono nè presentano alcun insegnamento sul fatto che il materiale di acciaio inossidabile in essi descritto può essere impiegato in applicazioni in cui la importanza principale si concentra sulla bontà dell'aspetto superficiale come anche sulla prolungata resistenza alla corrosione.

Poichè un acciaio inossidabile ferritico,

come il tipo JIS 434 corrispondente al tipo AISI 434 che contiene dal 16 al 18% di Cr e dallo 0,75 all'1,25% di Mo, presenta una superiore resistenza alla corrosione rispetto a quella dell'acciaio di tipo JIS 430, corrispondente al tipo AISI 430, lo acciaio 434, qualche volta è stato usato per gli scopi precedentemente menzionati. Comunque, la lega 434 non soltanto è più costosa a causa della incorporazione del molibdeno, come elemento costoso, ma anche la formabilità si dimostra inferiore a quella dell'acciaio 430 e la formazione di creste si verifica molto facilmente.

Allo scopo di fornire un acciaio inossidabile ferritico avente buona formabilità, pertanto, l'aggiunta di titanio o di zirconio viene più comunemente impiegata nella pratica commerciale. Tuttavia, il titanio e lo zirconio aggiunti tendono a formare un grande grappolo di carbonitruri e loro ossidi, poichè il titanio e lo zirconio presentano una forte affinità per il carbonio, l'azoto e l'ossigeno. Questa tendenza è pronunciata quando l'acciaio viene fuso per mezzo di un procedimento di fusione o di colata continua.

Secondo le scoperte effettuate nell'ambito della presente invenzione, il foglio di prodotto



finale ottenuto dall'acciaio inossidabile ferritico contenente titanio o zirconio è inevitabilmente accompagnato da difetti superficiali come i difetti di striatura e l'aspetto "bianco-nebuloso". Con le specifiche attualmente severe richieste nell'industria automobilistica, il foglio con tali difetti superficiali non può essere impiegato per articoli come i pezzi stampati per automobili. In accordo con i risultati ottenuti dagli studi effettuati nello ambito della presente invenzione, l'aspetto "bianco-nebuloso" viene provocato dalla dispersione di grossolane inclusioni non metalliche di carbonitruri ed ossidi di titanio o di zirconio.

Nell'ambito della presente invenzione si è scoperto che l'acciaio inossidabile ferritico con l'aggiunta di niobio è privo di difetti superficiali se la composizione di acciaio contenente Nb, come anche le condizioni del procedimento di fabbricazione vengono appropriatamente regolati.

Le inclusioni non metalliche dei composti di niobio vengono facilmente e finemente disperse in tutta la fase della ferrite. Tuttavia, fintanto che l'acciaio inossidabile ferritico viene prodotto in conformità al convenzionale procedimento di fabbricazione, il risultante acciaio inossidabile fer-

ritico presenterà la formazione delle creste accompagnata dal difetto a buccia di arancia sulla sua superficie quando viene sottoposto ad una severa formatura alla pressa. Perciò, sono necessarie appropriate condizioni di fabbricazione insieme con appropriata composizione.

Nell'ambito della presente invenzione si è anche scoperto che, nell'acciaio inossidabile ferritico contenente niobio l'aggiunta di rame contribuisce sensibilmente al perfezionamento tanto della sua formabilità quanto della sua resistenza alla corrosione.

Nell'ambito della presente invenzione si è ancora scoperto che la combinazione di niobio e di rame con ridotta quantità di zolfo (in confronto con la quantità normalmente trovata negli acciai ferritici) può fornire perfezionate proprietà superficiali se le condizioni del procedimento di fabbricazione sono appropriatamente regolate.

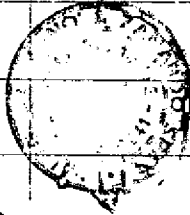
Scopi dell'invenzione:

Lo scopo della presente invenzione è quello di fornire un nuovo procedimento per la fabbricazione di un acciaio inossidabile ferritico meno costoso in forma di foglio o di lamiera avente buona formabilità, aspetto superficiale e resistenza alla

corrosione.

Un altro scopo della presente invenzione è quello di fornire una lamiera di acciaio inossidabile ferritico priva di difetti a striatura e di aspetto "bianco-nebuloso".

Uno scopo più specifico della presente invenzione è quello di fornire un nuovo procedimento per la fabbricazione di una lamiera di acciaio inossidabile ferritico priva di difetti a striatura e di aspetto "bianco-nebuloso" che sia meno costosa e sia suscettibile di essere usata per la produzione di articoli come quelli che ora vengono prodotti con costoso acciaio inossidabile austenitico a causa della scarsa formabilità del convenzionale acciaio inossidabile ferritico oppure quelli qualche volta prodotti con il costoso acciaio di qualità ferritica contenente molibdeno (per esempio il tipo di acciaio 434 secondo la classificazione giapponese corrispondente al tipo AISI 430).



Sommario dell'invenzione

Perciò, la presente invenzione consiste in un procedimento per la fabbricazione di un foglio o lamiera di acciaio inossidabile ferritico avente buona formabilità, aspetto superficiale e resistenza alla corrosione, comprendente le operazioni di la-

minare a caldo una composizione di acciaio che consiste essenzialmente di:

C: non più dello 0,02%

Si: non più dell'1,0%

Mn: non più di 1,0%

P: non più di 0,04%

S: non più di 0,02%

Cr: 12,00-25,00%

Cu: 0,1-2,0%

Nb: 0,2-2,0%

la parte restante ferro con incidentali impurità, con una temperatura di finitura di 850°C o meno, ricuocere il risultante nastro di acciaio laminato a caldo ad una temperatura fra 950°C e 1050°C e quindi eseguire la laminazione a freddo e la ricottura di ricristallizzazione.

Preferibilmente, la presente invenzione consiste in un procedimento per la fabbricazione di una lamiera di acciaio inossidabile ferritico avente buona formabilità, aspetto superficiale e resistenza alla corrosione, comprendente le operazioni di laminare a caldo una composizione di acciaio che consiste essenzialmente di:

C: non più di 0,02%

Si: 0,01-1,0%

Mn: 0,01-1,0%

P: non più di 0,04%

S: non più di 0,005%

N: non più di 0,02%

Cr: 15-25%

Cu: 0,3-1,0%

Nb: 0,3-0,8%

la parte restante ferro con incidentali impurezze, con una temperatura di finitura di 850°C o meno, preferibilmente 780°C o meno, ricuocere il risultante nastro di acciaio laminato a caldo ad una temperatura fra 950 e 1050°C e quindi eseguire la laminazione a freddo e la ricottura di ricristallizzazione.

Breve descrizione dei disegni:

la figura 1 rappresenta un grafico che mostra l'effetto del contenuto di zolfo sulla resistenza alla corrosione;

la figura 2 rappresenta un grafico che mostra l'effetto del contenuto di zolfo sul potenziale di bucherellatura;

la figura 3 rappresenta un grafico che mostra l'effetto del contenuto di rame sul potenziale di bucherellatura;

la figura 4 rappresenta un grafico che illustra la relazione esistente fra la temperatura di

finitura della laminazione a caldo e la resistenza alla formazione di creste;

la figura 5 rappresenta un grafico che illustra la relazione esistente fra la temperatura di finitura della laminazione a caldo ed i valori di r ;

la figura 6 rappresenta un grafico che mostra la relazione fra la temperatura di ricottura per il nastro di acciaio laminato a caldo e la resistenza alla formazione di creste e l'allungamento;

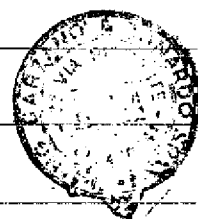
la figura 7 rappresenta una microstruttura ($\times 100$) della lamiera di acciaio della presente invenzione;

la figura 8 rappresenta una microstruttura ($\times 100$) di una lamiera di acciaio di confronto, e

la figura 9 rappresenta un grafico che illustra la relazione fra il contenuto di niobio e la resistenza alla formazione di creste.

Descrizione dettagliata dell'invenzione:

Come già menzionato, la presente invenzione è basata sulla scoperta che la combinazione di una composizione specifica dell'acciaio con specifiche condizioni del procedimento di fabbricazione può comportare una lamiera di acciaio avente buona formabilità ed un aspetto superficiale notevolmente perfezionato insieme con una soddisfacente resistenza al-



la corrosione. Il perfezionamento può essere ottenuto senza aggiunta di un qualsiasi costoso elemento legante.

Le ragioni per limitare la composizione dell'acciaio di partenza ai limiti esposti nella presente invenzione sono le seguenti: poichè è necessario fornire alla lamiera di acciaio un buon aspetto superficiale, l'aggiunta di titanio o di zirconio che provocano difetti a striatura ed un aspetto "bianco-nebuloso" dovrebbe essere evitata. I problemi risultanti dalla esclusione di questi usuali elementi di lega, cioè il deterioramento della resistenza alla corrosione, della formabilità e della resistenza alla formazione di creste, possono essere compensanti non soltanto mediante l'aggiunta di rame e di niobio e la riduzione delle quantità di carbonio, azoto e zolfo, ma anche impiegando specifiche condizioni del procedimento di fabbricazione.

Quanto inferiore è il contenuto di carbonio, tanto più vengono perfezionate la resistenza alla corrosione e la formabilità. Secondo la presente invenzione, il contenuto di carbonio è limitato a non più dello 0,02%. Per la stessa ragione tanto minore è la quantità di azoto (N) tanto migliori sono i risultati. In una preferita forma di realizzazio-

ne l'azoto è limitato a non più dello 0,02%.

Le figure 1-3 rappresentano gli effetti derivati dalla variazione dei contenuti di zolfo e di rame rispetto alla corrosione. I dati rappresentati nelle figure 1-3 sono stati ottenuti per mezzo di esperimenti utilizzando le condizioni di trattamento della presente invenzione (descritte più dettagliatamente in seguito) in cui delle piastre di acciaio laminato a caldo con spessore di 3 mm (temperatura della finitura di laminazione a caldo 780°C) aventi la composizione chimica di base rappresentata nella tabella 1 di cui al seguito sono state usate come campioni di prova per la ricottura ad una temperatura di 1000°C per 20 minuti in una atmosfera di argon, e con raffreddamento in aria.

TABELLA 1

% in peso								
<u>C</u>	<u>Si</u>	<u>Mn</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Cu</u>	<u>Cr</u>	<u>Nb</u>	<u>N</u>
0,01	0,60	0,50	0,02	0,003	0,40	17,3	0,40	0,02

La figura 1 rappresenta i risultati della prova secco-umido ripetuta per 400 cicli (immersione per 25 minuti ed essiccamento per 5 minuti) con soluzione di NaCl al 5% a temperatura di 50°C. Nella figura 1, i campioni che presentano ruggine con macchie di colore rosso aventi diametri di 5 mm o più

sono indicate con il simbolo "●" mentre i campioni che presentano ruggine con macchie di colore rosso con diametri inferiori sono indicate da "o". Come appare evidente dal grafico, il numero delle macchie di ruggine visibili diminuisce con il diminuire del contenuto di zolfo. Particolarmente quando il contenuto di zolfo è di 0,05% o meno, la produzione di macchie di ruggine di color rosso di grande dimensione con 5 mm o più di diametro viene completamente eliminata. La figura 2 rappresenta il grafico del potenziale di bucherellatura (pitting) in funzione del contenuto di zolfo. I valori del potenziale di bucherellatura sono stati misurati con una soluzione di NaCl 0,01 M alla temperatura di 60°C. I risultati rappresentati nella figura 2 dimostrano che il potenziale di bucherellatura aumenta con una diminuzione del contenuto di zolfo. In altre parole, la resistenza alla corrosione viene perfezionata con la diminuzione del contenuto di zolfo. Perciò, secondo la presente invenzione, la presenza di zolfo è limitata a non più dello 0,02%, preferibilmente non più dello 0,05%.

La figura 3 rappresenta il potenziale di bucherellatura misurato impiegando una soluzione di NaCl 0,01 M alla temperatura di 60°C, in funzione del

contenuto di rame. Come appare evidente dai dati rappresentati nel grafico, il potenziale di bucherellatura aumenta con l'aumentare del contenuto di rame. In particolare, quando la proporzione del rame è 0,30%, preferibilmente 0,35% o più, il potenziale di bucherellatura è distintamente superiore a quello che si ottiene quando la proporzione di rame è inferiore a 0,10%.

Il niobio (Nb) stabilizza il carbonio e lo azoto nell'acciaio impedendo il deterioramento della resistenza alla corrosione. L'aggiunta di niobio è anche in grado di perfezionare la resistenza alla formazione di creste. Il niobio è presente nella presente invenzione in quantità fra 0,2 e 2,0%. Poichè un composto intermetallico della fase Laves (Fe_2Nb) qualche volta viene formato quando la quantità di niobio si trova nel lato superiore entro questo intervallo, il contenuto di niobio è preferibilmente fra 0,3 e 0,8%.

Il silicio (Si) viene aggiunto come agente deossidante. Tuttavia, quando la proporzione di silicio è superiore a 1,0% la duttilità si deteriora, pregiudicando la formabilità.

Il manganese (Mn) viene aggiunto come agente deossidante ed anche come elemento per miglio-

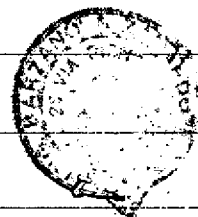
rare la lavorabilità a caldo dell'acciaio inossidabile. Tuttavia, quando il manganese è presente in quantità superiore a 1,0%, il risultante acciaio si indurisce in misura tale che la lavorabilità viene negativamente influenzata.

Poichè il fosforo (P) è una impurezza, la sua quantità dovrebbe preferibilmente essere la più piccola possibile. Una quantità di fosforo di valore fino a 0,04% è ammissibile. Quando la quantità di fosforo supera lo 0,04%, il suo effetto negativo sulla formabilità è notevole.

Il cromo (Cr) in quantità di 12% o più, è necessario per assicurare la richiesta resistenza alla corrosione per l'acciaio inossidabile. Quanto maggiore è il contenuto di cromo, tanto più viene perfezionata la resistenza alla corrosione. Tuttavia, quando il contenuto di cromo è superiore al 25%, la fragilità diventa notevole, rendendo difficile la lavorazione a freddo. D'altra parte, come acciaio meno costoso da impiegare al posto dell'acciaio di tipo JIS SUS 434 (AISI 434), il contenuto di cromo convenientemente viene limitato a non meno del 15%. Quando il contenuto di cromo rientra nell'intervallo fra il 12% ed il 25%, ;preferibilmente fra il 15% ed il 25%, secondo la presente invenzione è possibi-

le mantenere una resistenza alla corrosione paragonabile o superiore a quella dell'acciaio JIS SUS 434 (AISI 434) e di alcuni acciai inossidabili di qualità austenitica senza l'aggiunta di molibdeno.

Perciò, una lamiera di acciaio priva di difetti superficiali come quelli che usualmente si trovano negli acciai inossidabili contenenti titanio o zirconio può essere ottenuta mediante la definizione della composizione dell'acciaio come precedentemente indicato. Tuttavia, si deve notare che anche la composizione dell'acciaio precedentemente definita usualmente comporterebbe la formazione di creste durante la formatura alla pressa, se viene applicato il procedimento convenzionale per la fabbricazione di una piastra o lamiera di acciaio. Perciò, secondo la presente invenzione, si richiedono anche le seguenti condizioni allo scopo di prevenire la formazione di creste ed ottenere una superiore formabilità. In altre parole, la composizione di acciaio come precedentemente definita dovrebbe essere sottoposta alla laminazione a caldo con una temperatura di finitura di non più di 850°C , preferibilmente non più di 780°C , che è relativamente inferiore alla usuale temperatura di finitura, ed il risultante nastro di acciaio laminato a caldo dovrebbe essere ri-



cotto ad una temperatura di 950-1050°C prima della laminazione a freddo.

La riduzione della laminazione a caldo come anche del tempo di ricottura durante la ricottura del nastro di acciaio laminato a caldo non sono di importanza fondamentale. Questi parametri possono essere scelti dagli intervalli convenzionalmente impiegati nella tecnica.

Secondo la presente invenzione, è possibile produrre in massa una lamiera di acciaio inossidabile ferritico fornita di perfezionata resistenza alla formazione di creste e buon aspetto superficiale, accompagnati da perfezionata resistenza alla corrosione. In aggiunta, poichè il procedimento della presente invenzione richiede soltanto la variazione delle condizioni di temperatura del procedimento convenzionale, l'applicazione commerciale del procedimento della presente invenzione non richiede una qualsiasi modificazione complicata oppure ulteriori apparecchiature nella convenzionale linea di produzione commerciale. Inoltre, il procedimento della presente invenzione può essere applicato non soltanto agli slebi ottenuti per mezzo di un procedimento per la produzione di lingotti, ma anche agli slebi ottenuti per mezzo di un procedimento di colata continua con

risultati soddisfacenti. Questo è un altro vantaggio della presente invenzione, poichè questi ultimi slessi in generale sono stati considerati come aventi proprietà degradate.

Le ragioni per definire le condizioni del procedimento di fabbricazione come precedentemente indicato sono le seguenti.

Poichè è convenzionale eseguire la laminazione a caldo immediatamente dopo la permanenza a temperatura che viene effettuata ad una temperatura di circa 1200°C , la convenzionale temperatura di finitura è usualmente fra 880 e 920°C . Secondo la scoperta effettuata nell'ambito della presente invenzione, comunque, le condizioni di temperatura e particolarmente le condizioni della temperatura di laminazione a caldo sono molto importanti nel caso di un acciaio inossidabile ferritico contenente niobio. Quanto minore è la temperatura di finitura, tanto maggiore è la resistenza alla formazione di creste e, quanto inferiore è la temperatura di finitura, tanto maggiormente viene perfezionata la formabilità. Anche se il meccanismo esatto con cui si attua la presente invenzione non è noto, si ritiene che esso sia il seguente. La sollecitazione residua che serve come nucleo per la ricristallizzazione in seguito alla ri-

cottura aumenta con il diminuire della temperatura di finitura. Inoltre, per basse temperature di finitura i carbonitruri di niobio che intrinsecamente si formano vengono finemente dispersi in tutta la matrice, ed i carbo-nitruri di niobio finemente dispersi possono impedire con successo l'accrescimento dei cristalli in seguito alla ricristallizzazione. Pertanto, la formazione di grani grossi viene impedita con un perfezionamento della resistenza alla formazione di creste e della formabilità. Il fatto che viene impedita la formazione di grani grossi serve anche per migliorare l'aspetto superficiale. Allo scopo di ridurre la temperatura di finitura, è desiderabile ridurre la stessa temperatura di trattamento di permanenza a temperatura.



Considerando le condizioni di ricottura del nastro di acciaio laminato a caldo, nell'ambito della presente invenzione si è scoperto che l'effetto che è stato ottenuto riducendo la temperatura di finitura può essere aumentato al massimo quando la ricottura viene eseguita ad una temperatura di 900°C o più. Le ragioni per cui la temperatura di 900°C o più è preferibile può essere spiegata come segue. In altre parole, l'operazione di ricottura prima della laminazione a freddo viene eseguita per accelera-

re il procedimento di ricristallizzazione in modo da rendere l'orientamento dei grani di cristallo disperso casualmente e rendere i grani ricristallizzati i più fini possibile. Questa operazione, pertanto è in grado di prevenire la formazione di creste che si suppone sia provocata dalla presenza di grani di cristalli grossolani unidirezionalmente orientati. Questo effetto di prevenzione della formazione di creste è distinto soltanto quando la temperatura di ricottura è di 900°C o più.

Perciò, secondo la presente invenzione, la dispersione casuale dei fini grani di ricristallizzazione viene accelerata impiegando la combinazione della specifica composizione dell'acciaio con specifiche condizioni del procedimento di fabbricazione, avendo come risultato un foglio o lamiera di acciaio privo non soltanto di creste, ma anche di difetti di striatura e di aspetto superficiale "bianco-nebuloso".

La presente invenzione verrà ulteriormente spiegata per mezzo di esempi di lavoro che sono presentati soltanto per illustrazione della presente invenzione e non debbono essere interpretati per limitare in alcun modo la presente invenzione.

Esempio 1

Un acciaio avente la composizione di lega come quella indicata nella tabella 1 di cui al seguito è stato lavorato attraverso le operazioni indicate nella tabella 3 di cui al seguito per fornire una lamiera di acciaio laminata a freddo. La relazione quantitativa fra la temperatura di finitura e la temperatura della lavorazione a caldo o della ricottura per il nastro laminato a caldo e la resistenza alla formazione di creste e la formabilità è stata determinata per via sperimentale sulla lamiera laminata a freddo in termini di formazione di cresta, valore di r ed allungamento; La formazione di creste è stata determinata visualmente sulla superficie della lamiera dopo stiramento al 20% in tensione ed il suo grado è stato valutato classificando l'altezza delle creste nelle seguenti otto gradazioni:

A : $\leq$ 10 micron	A' : 11-15 micron
B : 16-25 micron	B' : 26-30 micron
C : 30-50 micron	C' : 51-60 micron
D : 60-80 micron	D' : $>$ 80 micron

TABELLA 2

(% in peso)								
<u>C</u>	<u>Si</u>	<u>Mn</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Cr</u>	<u>Cu</u>	<u>Nb</u>	<u>N</u>
0,012	0,59	0,51	0,021	0,013	17,18	0,40	0,44	0,010

TABELLA 3

Operazione

Operazione 1 --- Preparazione della massa fusa: 17 kg sotto vuoto

Operazione 2 --- Forgiatura : Spessore da 100 mm
(lingotto) a 25 mm
(slebo)

Operazione 3 --- Laminazione a caldo : Spessore da 25 mm a
4 mm (sei passate)

Temperatura di finitura di 680°C -
900°C

Operazione 4 --- Ricottura del nastro di acciaio laminato a caldo : Riscaldamento a 900-
1100°C per 1 minuto e quindi raffreddamento in aria

Operazione 5 --- Laminazione a freddo : Spessore da 4 mm a
0,8 mm

Operazione 6 --- Ricottura di finitura : Riscaldamento a 950°C
per 1 minuto e quindi raffreddamento in aria

I risultati sono riepilogati nelle figure

4, 5 e 6.

Come appare evidente dalle figure 4 e 5

la formazione di creste è ridotta ed il valore di r è aumentato con il diminuire della temperatura di finitura. Questa tendenza viene anche riscontrata in relazione ai valori di CCV (valori di prova con coppa conica) ed ai valori Erichsen. In conformità alla presente invenzione, la temperatura di finitura viene limitata a valori non superiori ad 850°C, in modo tale che si possano ottenere prodotti con un



grado di formazione di creste di B' o più ed un valore di r superiore ad 1,4. La lamiera di acciaio avente queste proprietà (o migliori) può sopportare una formatura estremamente severa come si riscontra nei pezzi stampati per automobili ed altri prodotti come precedentemente descritto. Come appare anche evidente dalla figure 4 e 5 quando la temperatura di finitura è non superiore a 780°C , tanto la resistenza alla formazione di creste quanto la stirabilità vengono perfezionate ancora maggiormente e perciò si preferisce questa massima temperatura di finitura.

Inoltre, secondo la presente invenzione la temperatura di ricottura per l'operazione di ricottura dopo la laminazione a caldo è definita fra 950 e 1050°C e, nell'ambito di questo intervallo, come rappresentato nella figura 6, si può ottenere una resistenza alla formazione di creste di grado B' o più ed un allungamento del 34% o più. La resistenza alla formazione di creste è inferiore al desiderato intervallo di B' e l'allungamento è inferiore a circa 34% anche per acciaio laminato a caldo con una temperatura di finitura di 780°C quando vengono impiegate temperature di ricottura al di fuori dell'intervallo definito come rappresentato nella figura 6.

La figura 7 rappresenta una micro-struttura

ra (x 100) di lamiera di acciaio ottenuta in questo esempio. La temperatura di finitura è di 780°C e la ricottura è stata eseguita ad una temperatura di 1000°C per 1 minuto prima della laminazione a freddo. Per scopi di confronto una microstruttura (x 100) di una lamiera di acciaio prodotta con lo stesso acciaio ma trattata al di fuori delle condizioni della presente invenzione è rappresentata nella figura 8. In questo ultimo caso, la temperatura di finitura era di 900°C e la ricottura era eseguita ad una temperatura di 900°C per 1 minuto. Appare evidente che i grani di cristalli di ricristallizzazione della figura 7 sono sensibilmente più fini in confronto con quelli della figura 8.

Esempio 2

Lamiere di acciaio prodotte in fabbrica avente la composizione chimica rappresentata nella tabella 4 di cui al seguito sono state sperimentate in relazione alla formabilità alla pressa, alla resistenza alla corrosione ed all'aspetto superficiale. L'acciaio A nella tabella 4 è l'acciaio della presente invenzione, mentre gli acciai B e C sono tipici acciai inossidabili ferritici.

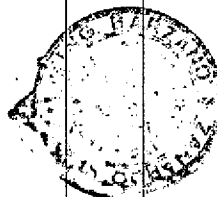
(vedere tabella)

TABELLA 4.

Composizione chimica (% in peso)

Simbolo	Tipo di acciaio	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Nb	N	Mo
A	Presente invenzione	0,015	0,45	0,53	0,025	0,001	16,5	0,40	0,55	0,017	-
B	Acciaio di confronto*	0,05	0,48	0,59	0,025	0,002	16,2	-	-	0,022	-
C	Acciaio di confronto*	0,05	0,48	0,58	0,026	0,002	16,3	-	-	0,021	1,1

* Gli acciai di confronto B e C corrispondono agli acciai AISI 430 e 434, rispettivamente, eccetto per il fatto che i contenuti di zolfo di questi acciai sono particolarmente ridotti.



Questi acciai sono stati fusi con un convertitore da 80 tonnellate e dopo affinazione AOD sono stati sottoposti a colata continua in slebi dello spessore di 180 mm. I risultanti slebi sono stati laminati a caldo dopo permanenza a temperatura di 1200°C per fornire lastre di acciaio di 5,0 mm di spessore. Dopo raffreddamento in aria fino a temperatura ambiente, la ricottura è stata applicata nelle condizioni indicate nella tabella 5 di cui in seguito. Le piastre ricotte sono state quindi laminate a freddo fino ad uno spessore di 0,4 mm e quindi sono state sottoposte ad una ricottura di finitura. Parte del campione "A" è stata trattata in conformità alle stesse condizioni dei campioni B e C ed è identificata in seguito come "A-2". L'altra porzione che è stata trattata in conformità alle condizioni della presente invenzione è identificata come "A-1". La formabilità, il grado di formazione delle creste e la resistenza alla corrosione sono stati determinati su queste piastre di acciaio. Le condizioni del procedimento di fabbricazione ed i risultati delle prove sono riepilogati nella tabella 5.

(segue tabella)

TABELLA 5

Condizioni del procedimento di fabbricazione

Piastra di acciaio	Temperatura di finitura di laminazione a cal- do (°C)	Condizioni di ricottura del nastro caldo	Condizioni di ricottura del nastro freddo
A-1	780	100°C x 1 minuto raffreddamento in aria	950°C x 1 minuto raffreddamento in aria
A-2	800	850°C x 16 ore raffreddamento graduale	830°C x 1 minuto raffreddamento in aria
B	880	"	"
C	880	"	"

1./1.

continuazione Tabella 5

Formabilità

	P.S. (kg/mm ²)	R.T. (kg/mm ²)	Al (%)	$\bar{r}$	$\bar{n}$	CCV(%, 36 ϕ)	Er(mm)	λ (%)
1	34,9	53,2	30,3	1,96	0,18	27,7	9,65	89,3
2	35,2	54,0	28,5	1,40	0,17	28,0	9,55	65,0
	40,2	58,6	26,8	1,18	0,16	28,8	9,49	45,0
	41,0	59,1	25,5	1,10	0,16	28,7	9,30	43,0

continuazione Tabella 5

Grado di formazione di
creste (20% di deformazione)

Resistenza alla corrosione
Potenziale di bucherellatura (NaCl acquoso 0,01M a 60°C)

A-1	B	0,24 V contro SCE
A-2	C'	0,23 "
B	B	0,16 "
C	C	0,23 "



Come appare evidente dai dati indicati nella precedente tabella 5, la resistenza alla corrosione della lastra di acciaio della presente invenzione è superiore a quella dell'acciaio AISI 430 ed è paragonabile a quella dell'acciaio AISI 434. La piastra di acciaio della presente invenzione (A-1) presenta perfezionata formabilità sotto ogni aspetto, e particolarmente in relazione ai parametri A_1 , $\bar{r}$ e λ . La piastra di acciaio A-2, la cui composizione chimica è identica a quella della presente invenzione, ma che è prodotta impiegando condizioni di trattamento che fuoriescono da quelle della presente invenzione, è molto inferiore alla piastra di acciaio A-1 per quanto riguarda questi parametri di formabilità, particolarmente per quanto riguarda la resistenza alla formazione di creste. Impiegando la piastra di acciaio A-1 sono stati formati alla pressa pezzi stampati effettivi per automobili. I risultanti articoli erano privi di creste, difetti di striature ed aspetto superficiale "bianco-nebuloso".

L'effetto della variazione del contenuto di niobio sulla resistenza alla formazione di creste è stato determinato impiegando l'acciaio A nella tabella 4 come composizione di base e variando il contenuto di niobio da 0 a 0,62%. Le condizioni del

procedimento di fabbricazione erano identiche a quelle della piastra di acciaio A-1 della tabella 5. I risultati sono rappresentati nella figura 9. Come appare evidente dai dati in essa indicati, la resistenza alla formazione di creste viene soddisfacentemente perfezionata quando il contenuto di niobio non è inferiore a 0,2%, preferibilmente non inferiore a 0,3%.

Perciò, secondo la presente invenzione, si può ottenere una lastra o lamiera di acciaio avente le seguenti proprietà:

(1) resistenza alla corrosione paragonabile a quella degli acciai inossidabili contenenti dal 16 al 18% di cromo come anche a quella dell'acciaio AISI 434;

(2) formabilità superiore non soltanto a quella dell'acciaio AISI 430 ma anche a quella degli acciai inossidabili ferritici contenenti titanio o zirconio;

(3) aspetto superficiale privo di cresta e di difetti superficiali; e

(4) costo relativamente basso del materiale e costo relativamente basso di fabbricazione.

La lamiera di acciaio inossidabile della presente invenzione è conveniente per ampie applicazio-

ni per produrre articoli che vengono formati con severa formatura alla pressa e richiedono di avere buon aspetto superficiale anche dopo tale severa formatura. In aggiunta, la lamiera o piastra di acciaio inossidabile della presente invenzione, può essere usata al posto di una costosa lamiera o piastra di acciaio di qualità austenitica e di acciaio inossidabile ferritico contenente molibdeno. Pertanto, il valore della presente invenzione dal punto di vista industriale è da ritenere notevole.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la fabbricazione di una lamiera di acciaio inossidabile ferritico avente buona formabilità, aspetto superficiale e resistenza alla corrosione, comprendente le seguenti operazioni: laminare a caldo una composizione di acciaio che comprende essenzialmente:

C : non più di 0,02%

Si: non più di 1,0%

Mn: non più di 1,0%

P : non più di 0,04 %

S : non più di 0,02%

Cr: 12,00-25,00%

Cu: 0,1-2,0%

Nb: 0,2-2,0%

la parte restante Fe con incidentali impurezze,
con una temperatura di finitura di 850°C o meno;
ricuocere il risultante nastro di acciaio lamina-
to a caldo ad una temperatura fra 950°C e 1050°C e
quindi eseguire la laminazione a freddo e la ricot-
tura di ricristallizzazione.

2. Procedimento secondo la rivendicazione
1, in cui il contenuto, di Nb è compreso fra 0,3 e
0,8%.

3. Procedimento secondo una qualsiasi del-
le rivendicazioni 1 e 2, in cui il contenuto di S
è non superiore a 0,005%.

4. Procedimento secondo la rivendicazione
3, in cui il contenuto di C è compreso fra 0,3 e
1,0%.

5. Procedimento per la fabbricazione di una
lamiera di acciaio inossidabile ferritico avente buo-
na formabilità, aspetto superficiale e resistenza al-
la corrosione, comprendente le seguenti operazioni:
laminare a caldo una composizione di acciaio che com-
prende essenzialmente:

C : non più di 0,02%

Si: 0,01-1,0%

Mn: 0,01-1,0%

P : non più di 0,04%

S : non più di 0,005%

N : non più di 0,02%

Cr: 15-25%

Cu: 0,3-1,0%

Nb: 0,3-0,8%

parte restante ferro con incidentali impurezze;
con una temperatura di finitura di 850°C o meno: ri-
cuocere il risultante nastro di acciaio laminato a
caldo ad una temperatura fra 950°C e 1050°C, e quindi
eseguire la laminazione a freddo e la ricottura di
ricristallizzazione.

6. Procedimento secondo la rivendicazione

5, in cui la temperatura di Finitura è di 780°C o
meno.

7. Procedimento secondo una qualsiasi delle
rivendicazioni 5 e 6, in cui il risultante nastro di
acciaio laminato a caldo viene sottoposto a ricottu-
ra dopo essere stato raffreddato a temperatura ambien-
te prima della laminazione a freddo.

8. Prodotto del procedimento delle riven-
dicazioni 1 o 5.

Roma, 27 FEB. 1981

p.: SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. e

NIPPON STAINLESS STEEL CO., LTD.

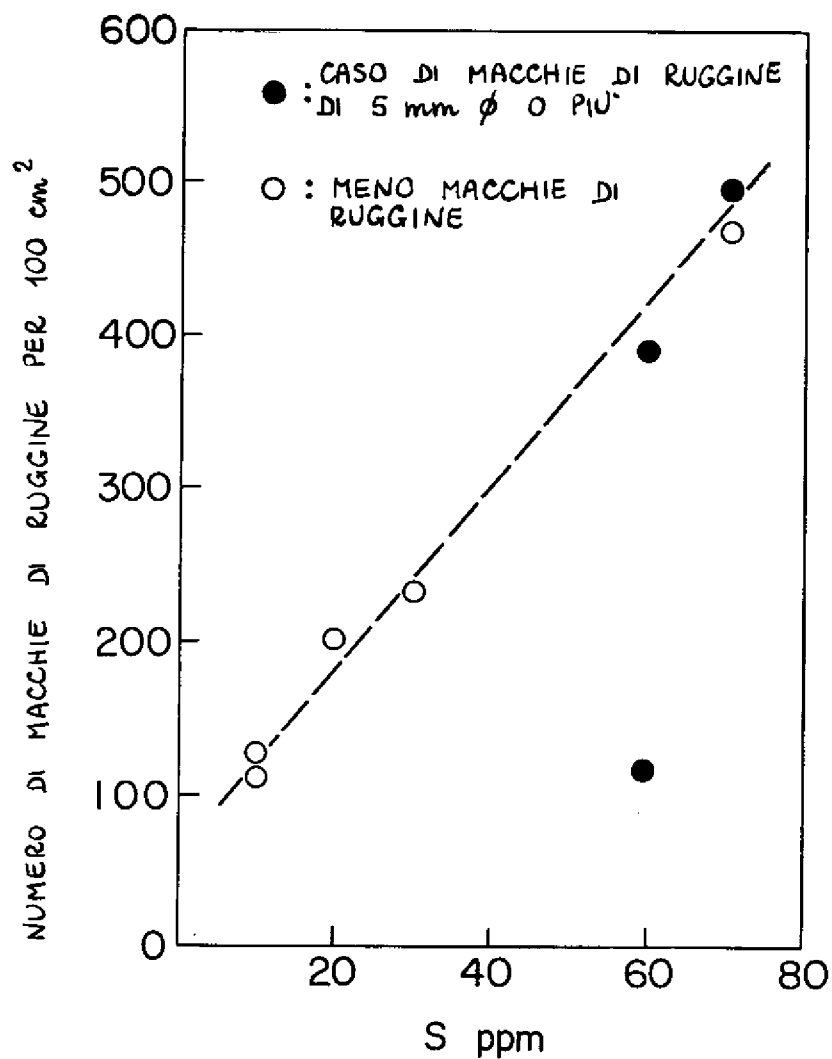
p.: ING. BARZANO & ZANARDO S.p.A.

TA/zf.-

6863.-

Urtur

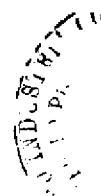
FIG. 1



P.P. SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. ○
NIPPON STAINLESS STEEL CO. LTD.

p. ING. BARZANO & ZANARDI S.p.A.

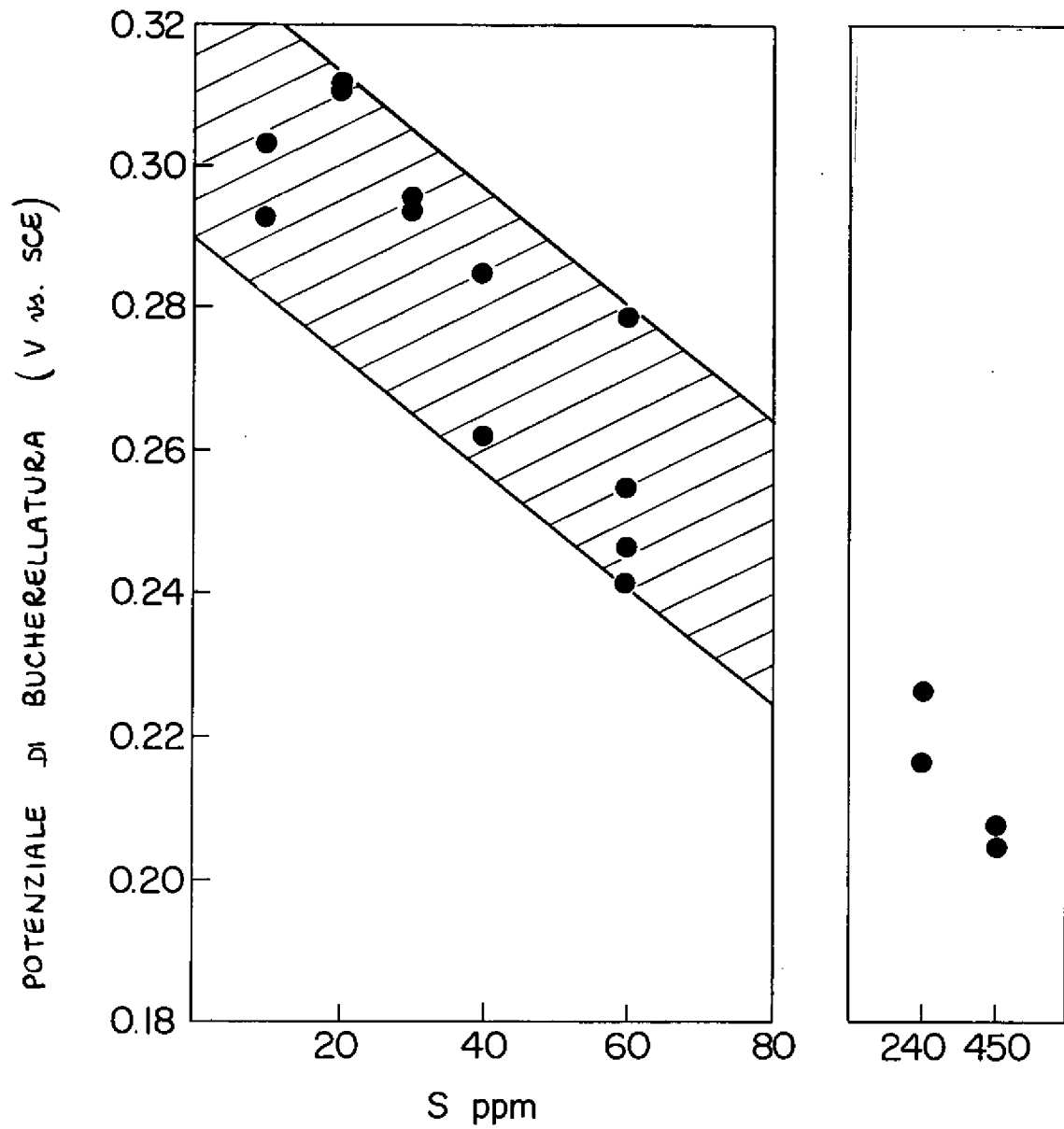
Un



[Handwritten signature]

479 05/83

FIG. 2



P.P. SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. o
NIPPON STAINLESS STEEL CO. LTD.

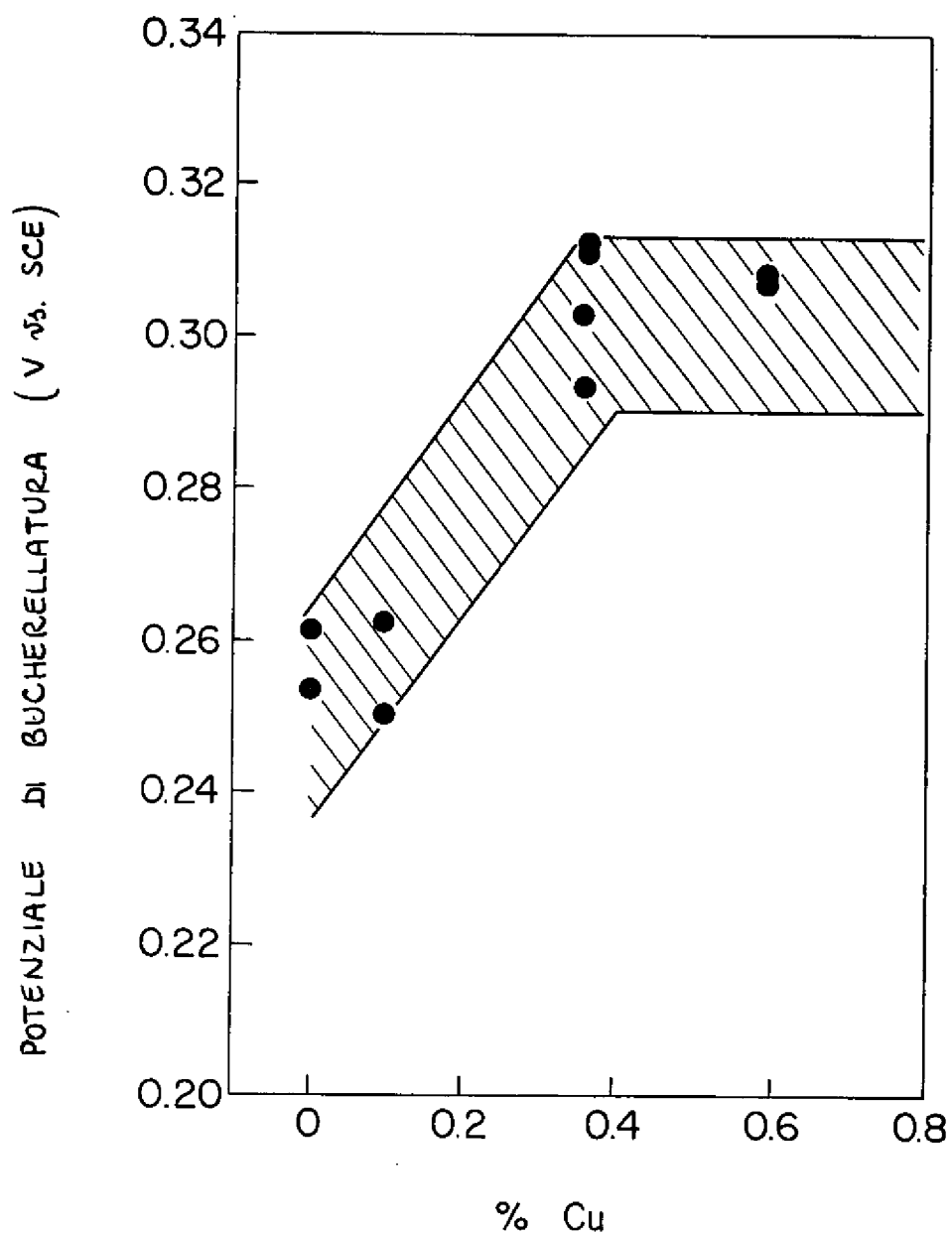
p. ING. BARZANÒ & ZAVARDO S.p.A.

Ww

479 05/83

[Signature]

FIG. 3



P.P. SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. &
NIPPON STAINLESS STEEL CO. LTD.

p. ING. BARZANÒ & ZANARDO S.p.A.

Handwritten signature

Handwritten signature

Handwritten signature

FIG.4

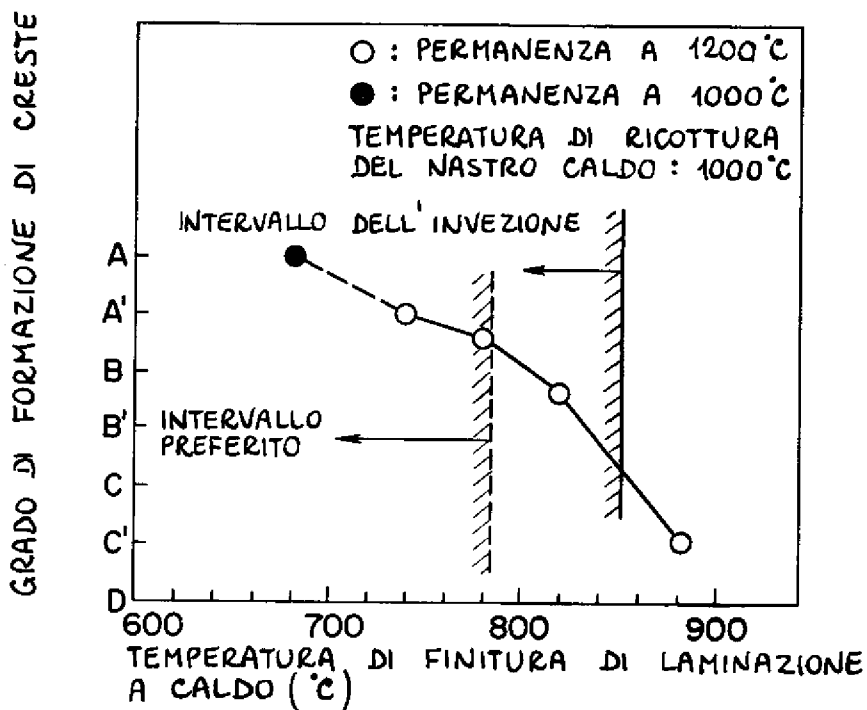
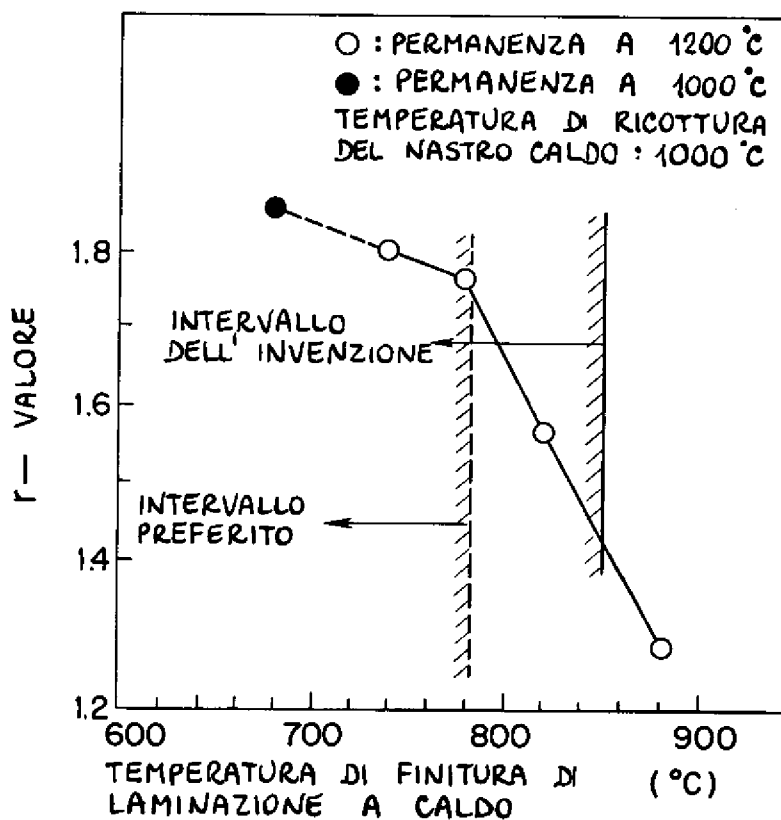


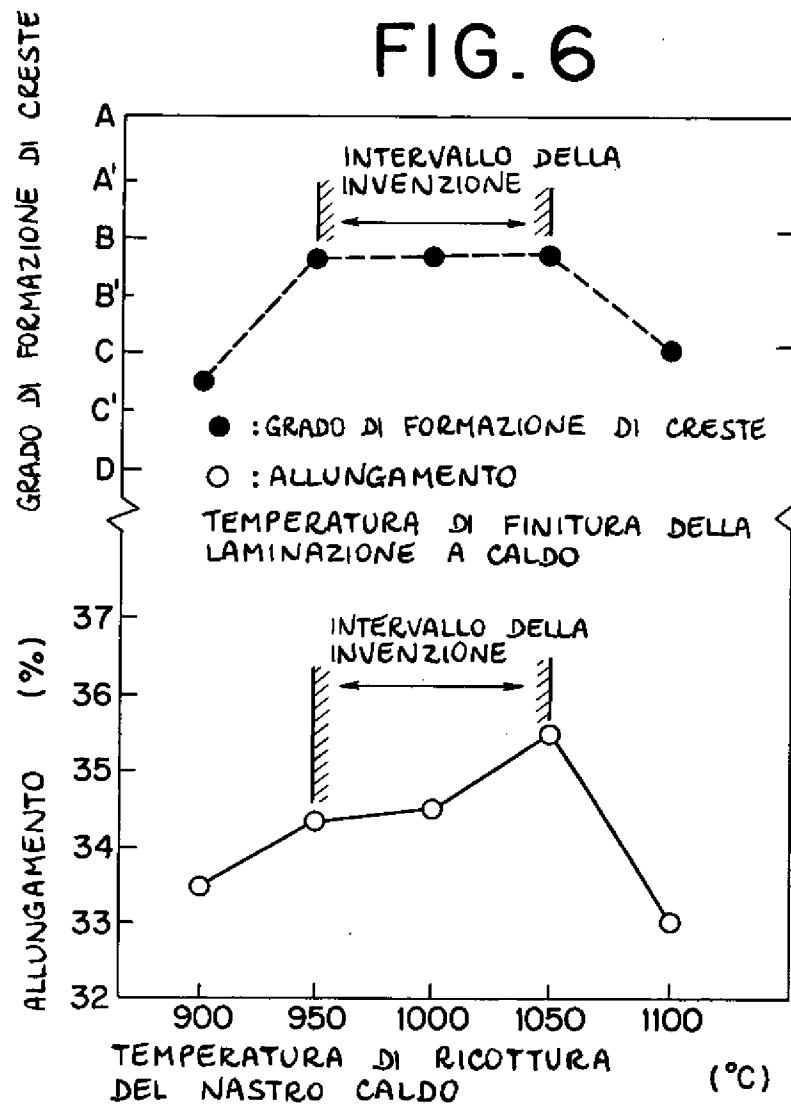
FIG.5



P.P. SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. &
NIPPON STAINLESS STEEL CO., LTD.

p. ING. BARZANÒ & ZANARDO S.p.A.

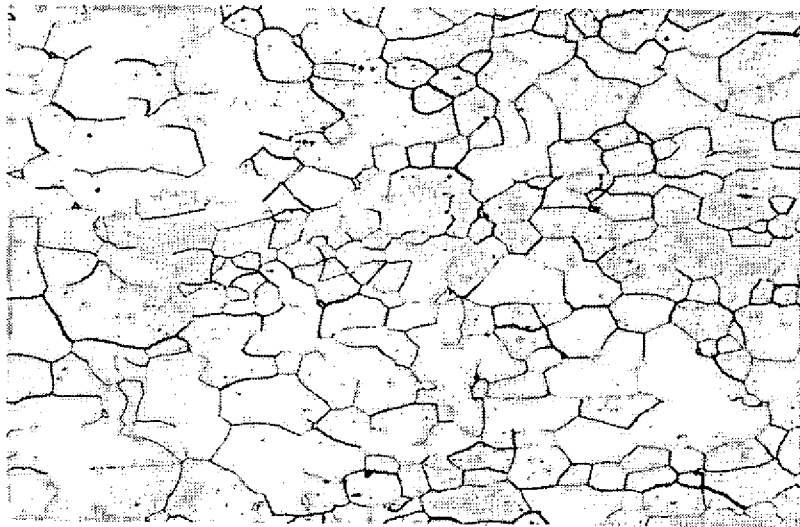
FIG. 6



P.F. LUMINOUS METAL INDUSTRIES, LTD. ○
NIPPON STAINLESS STEEL CO., LTD.

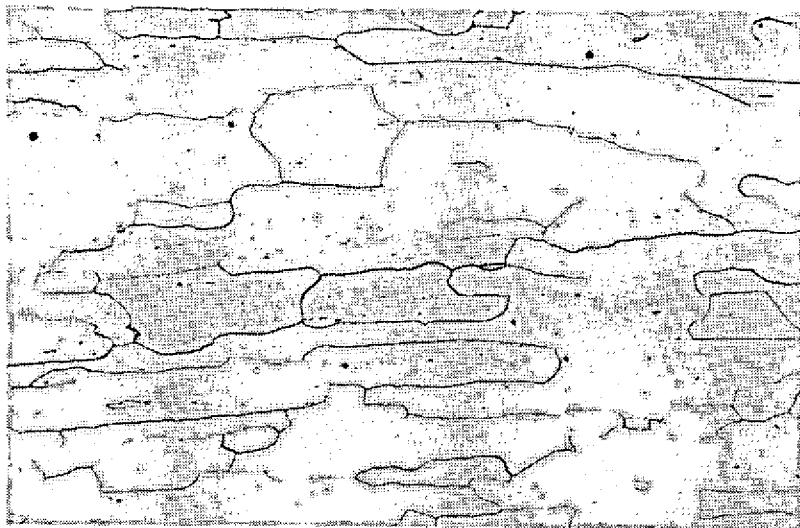
p. ING. BARZANÒ & ZANARDO S.p.A.

FIG. 7



x 100

FIG. 8



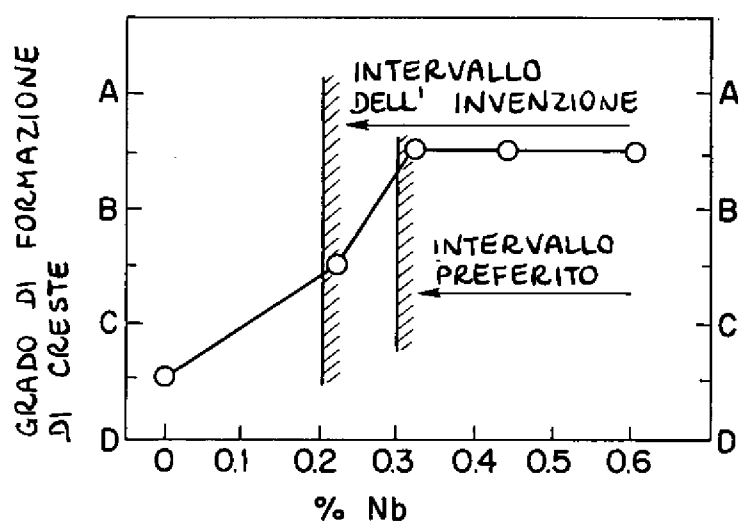
x 100

P.P. SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. ©
NIPPON STAINLESS STEEL CO. LTD.

P. ING. BARZANO & ZANARDO S.p.A.
Wm

A large, stylized handwritten signature or mark, possibly a stylized 'L' or a similar character, located in the bottom right corner of the page.

FIG. 9



P.P. SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. ○
NIPPON STAINLESS STEEL CO. LTD.

p. ING. BARZANO & ZANARDO S.p.A.

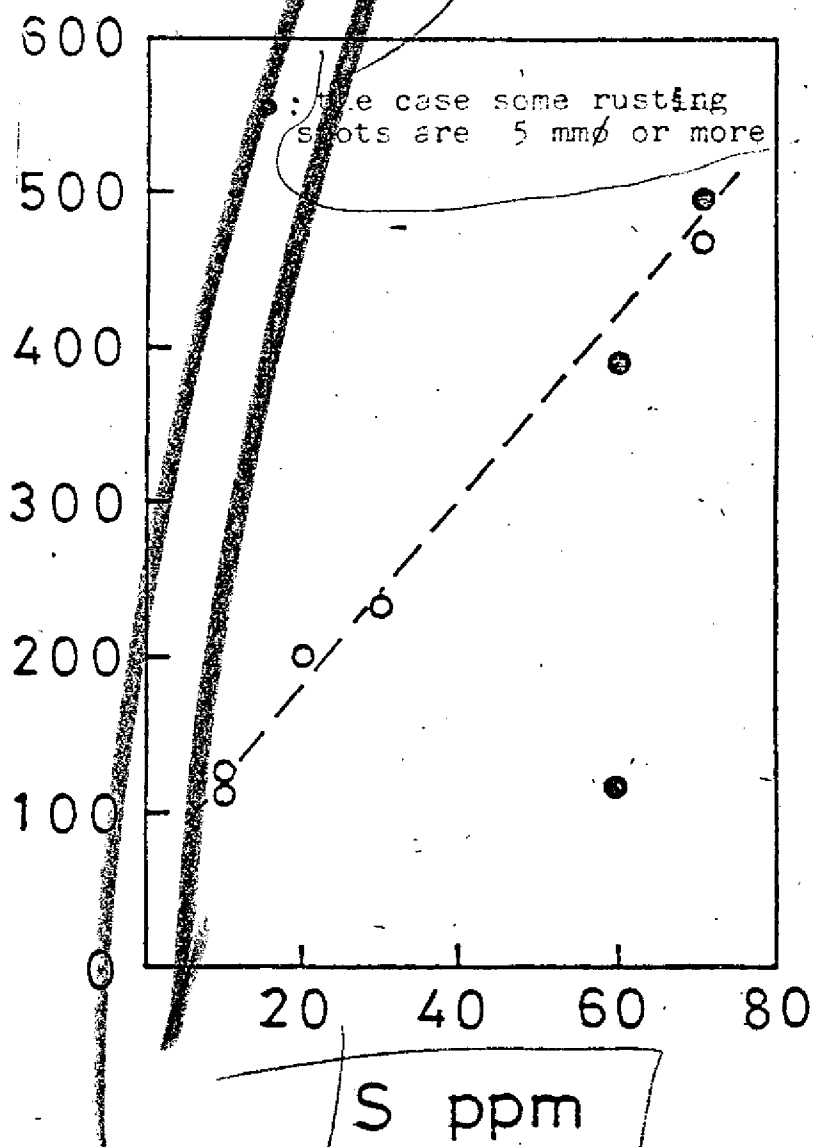
un

[Handwritten signature]

47910A/81

Numero di macchie di ruggine per 100 cm²
 number of rusting spots per 100 cm²

Caso con macchie di ruggine di 5 mm ϕ o più



P.P. SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. e
 NIPPON STAINLESS STEEL CO., LTD.

p. ING. BARZANO & ZANARDO S.p.A.

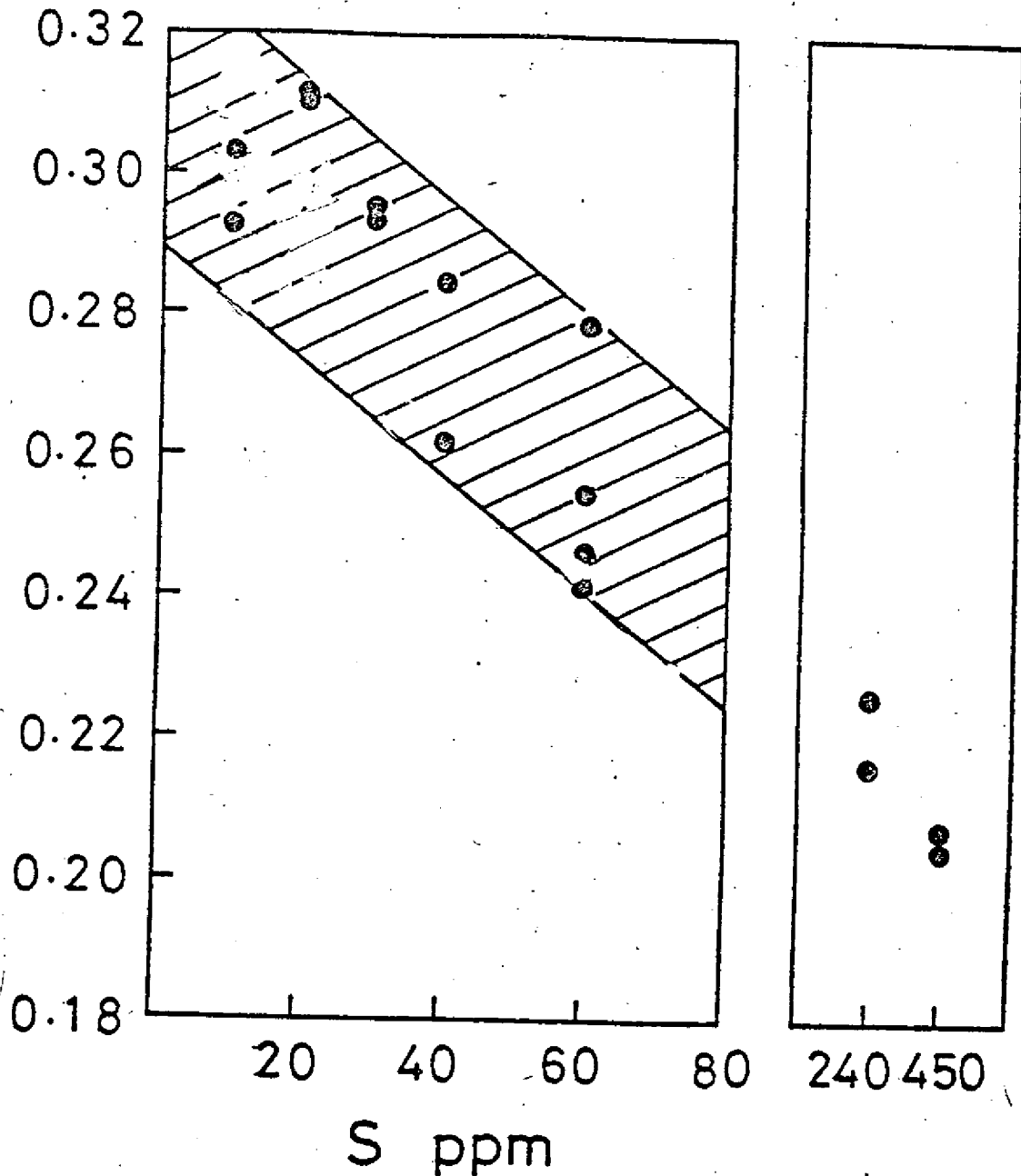
Utens



47910A/81

FIG. 2

*potenziale di
foratura*
P
pitting potential
(V vs. SCE)



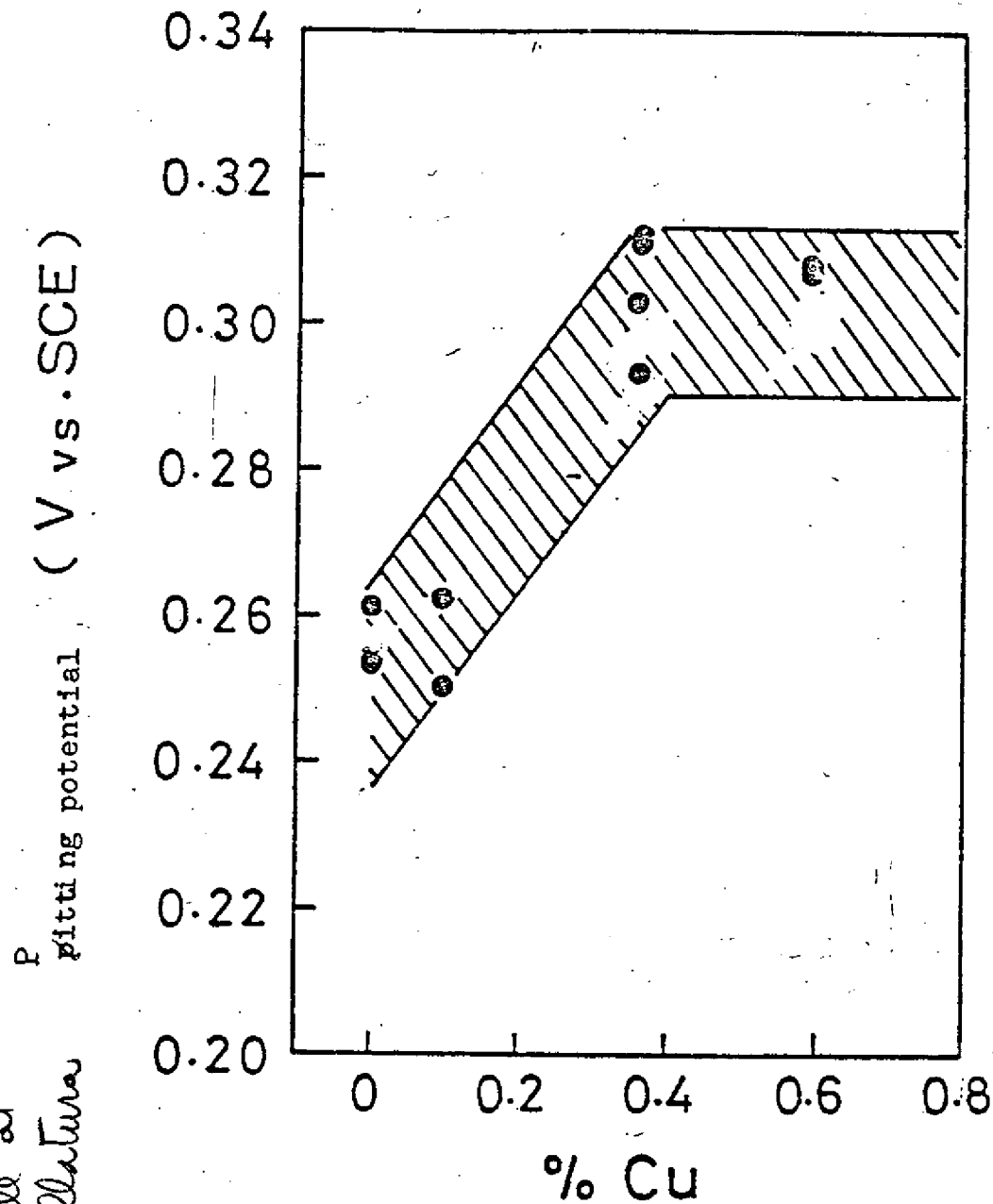
P.P. SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. e
NIPPON STAINLESS STEEL CO., LTD.

p. ING. BARZANO & ZANARDO S.p.A.

Uscita

479104/81

FIG. 3



*potenziale di
bucherellatura*

P.P. SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. e
NIPPON STAINLESS STEEL CO., LTD.
p. ING. BARZANO & ZANARDO S.p.A.

Wm

[Signature]

47910A/81

FIG. 4

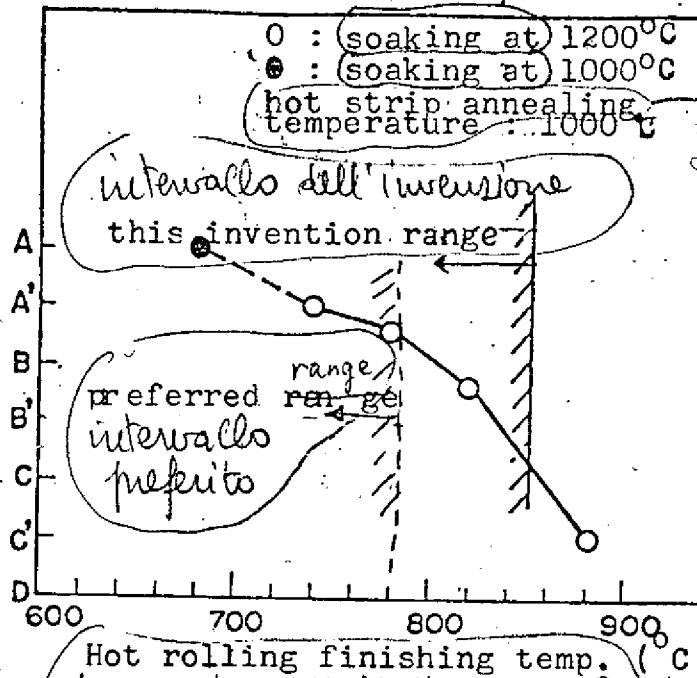
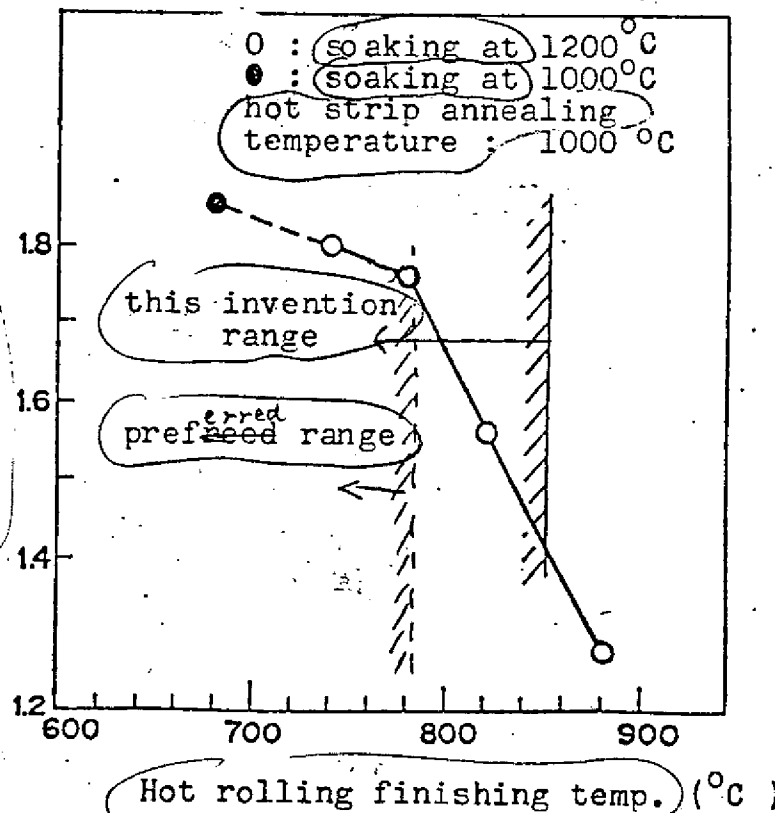


FIG. 5

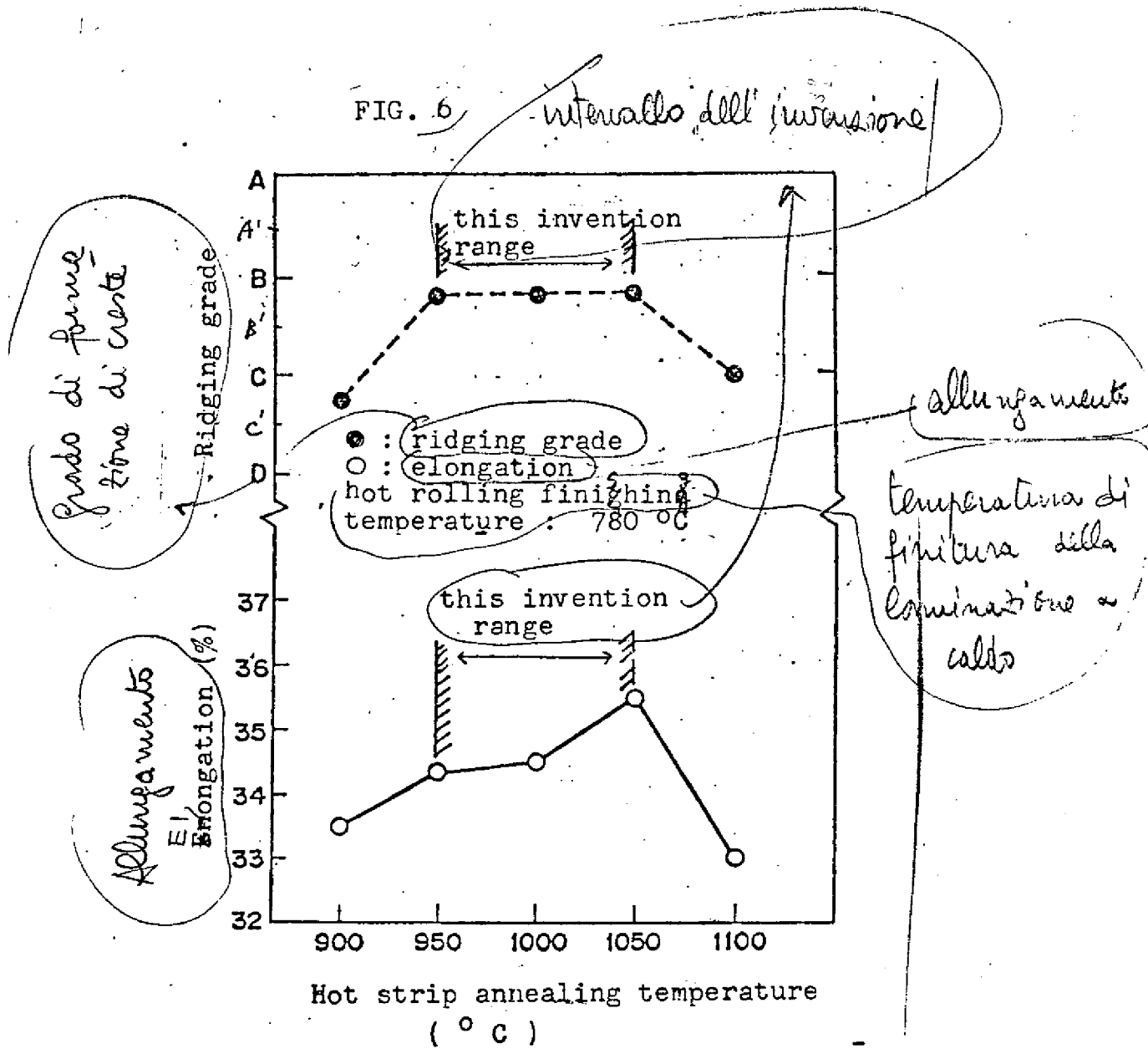


P.P. SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. e
NIPPON STAINLESS STEEL CO., LTD.

P. ING. BERZANO & ZANARDO S.p.A.

47910A/81

FIG. 6



P.P. SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. e
 NIPPON STAINLESS STEEL CO., LTD.

47910A/81

FIG. 7

X100

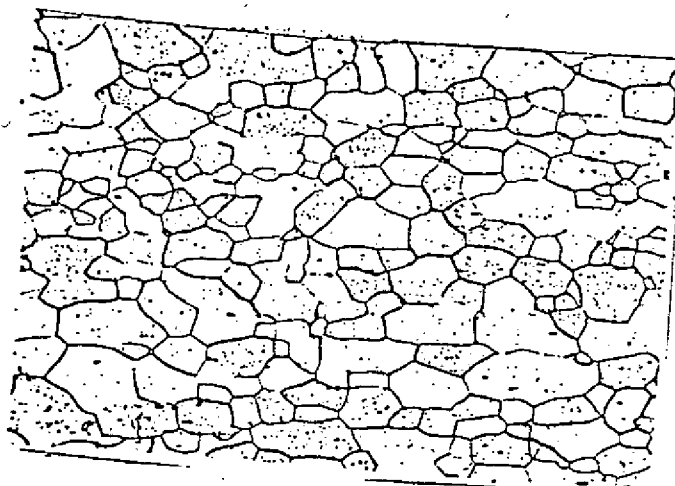
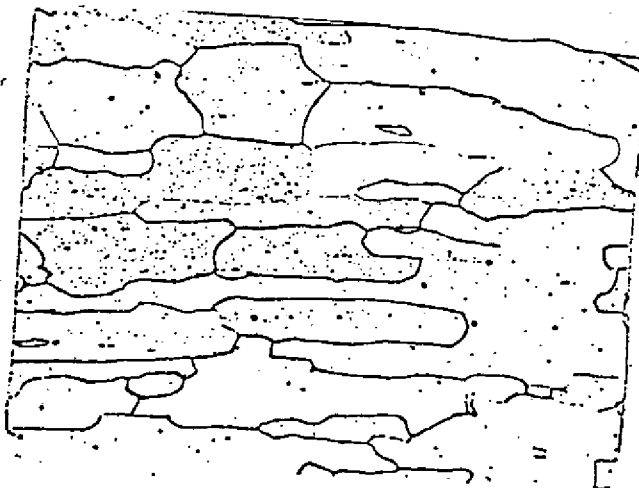


FIG. 8

X100



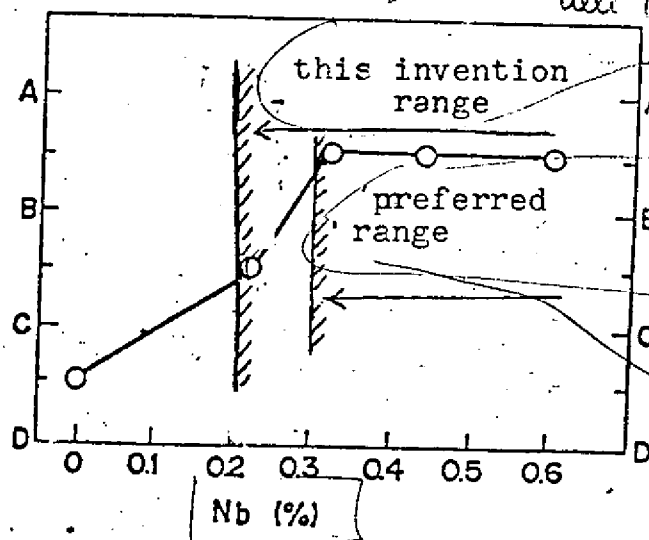
P.P. SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. e
NIPPON STAINLESS STEEL CO., LTD.

ING. BARZANO & ZANARDO S.p.A.

Utter

47910A/81

(FIG. 9)



grado di for-
mazione di
corte

Ridging grade

P.P. SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD. ©
NIPPON STAINLESS STEEL CO., LTD.

D. ING. BARZANO & ZANARDO S.p.A.

U.S.