



Ministero delle Imprese e del Made in Italy
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHE

UIBM

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	101989900091341
Data Deposito	24/11/1989
Data Pubblicazione	24/05/1991

Classifiche IPC

Titolo

ARMATURA DI RINFORZO DEL TERRENO RESISTENTE ALLA CORROSIONE

3051 M Descrizione dell'invenzione industriale avente per titolo:

FM/ar "ARMATURA DI RINFORZO DEL TERRENO RESISTENTE ALLA
CORROSIONE"

a nome: 1. SANDVIK ITALIA S.p.A.

2. CESCOR CENTRO STUDI CORROSIONE

a : 1. Milano

2. Milano

di nazionalità italiana ed elettivamente domiciliate a tutti gli effetti di legge presso i mandatari Signori Bianchetti Giuseppe ed altri (vedi lettera d'incarico) dello Studio Consulenza Brevettuale S.r.l. - Via Rossini, 8 - Milano.

Inventori designati: 1. Sala Giuseppe 2. Ronchi Gaetano
3. Pedferri Pietro 4. Bazzoni Bruno
5. Lazzari Luciano

Depositata il

24 NOV. 1989

al n.

22505A/89

RIASSUNTO

Metodo di realizzazione di strutture in terreno rinforzate con elementi metallici in acciaio inossidabile polarizzato catodicamente, caratterizzati da alta resistenza alla corrosione. In una realizzazione preferita del metodo, le armature sono costituite da bandelle in acciaio inossidabile e acciaio al carbonio.

DESCRIZIONE DELL'INVENZIONE

Il sistema di rinforzo dei terreni ideato da Henry Vidal è noto in

Italia come "Terra Armata" (marchio depositato della Società Terré Armée Internationale S.A.), utilizzato per la costruzione di muri di sostegno, massicciate, frangiflutti; banchine, dighe, barriere, ecc., consiste nell'inserire nel terreno, durante la costruzione dell'opera, elementi metallici sotto forma di piattine, che vengono ad operare come veri e propri elementi strutturali (H. Vidal. Brevetto US 3 421 326).

Il principio consiste nella combinazione di un materiale granulare - il terreno - con elementi resistenti a trazione - le armature - così da creare un nuovo materiale da costruzione. Per effetto delle forze di adesione tra le armature e le particelle di terreno, questo materiale composito può sostenere carichi molto elevati, in relazione alle caratteristiche di resistenza delle armature.

Come materiale metallico viene utilizzato pressochè esclusivamente acciaio al carbonio nudo o, preferenzialmente, acciaio al carbonio galvanizzato, cioè rivestito con zinco metallico a elevato spessore, ottenuto per immersione a caldo. Questo tipo di protezione anticorrosiva garantisce durate anche superiori a 100 anni, come spesso viene richiesto, purchè il terreno utilizzato non sia corrosivo (J.M. Jailloux, "Durability of Materials in Soil Reinforcement Application", 9th European Congress on Corrosion, Utrecht, 2-6 ottobre 1989; M. Darbin, et al., "Durability of Reinforced Earth Structures: the Results of Long-term Study Conducted on Galvanized Steel", Proc. Instn. Civ. Engrs, Part 1, 1988, Vol. 84, Oct., 1029-1057).

A questo riguardo, per garantire la vita di progetto prefissata, che di fatto può risultare limitata unicamente dalla conservazione nel

tempo delle armature, nei capitolati di ingegneria vengono specificate le caratteristiche che il terreno deve possedere (M. Macori, et al., "Durabilità delle Opere d'Arte Stradali", ANAS, Direzione Generale, Roma, febbraio 1988), e precisamente:

- resistività, superiore a 1000 ohm.cm (M. Darbin, et al., "Durability of Reinforced Earth Structures: the Results of Long-term Study Conducted on Galvanized Steel", Proc. Instn. Civ. Engrs, Part 1, 1988, Vol. 84, Oct., 1029-1057) o 3000 ohm.cm (M. Macori, et al., "Durabilità delle Opere d'Arte Stradali", ANAS, Direzione Generale, Roma, febbraio 1988)
- pH dell'estratto acquoso, compreso tra 5 e 10
- tasso di ioni cloruri, inferiore a 200 mg.kg-1
- tasso di ioni solfati, inferiore a 1000 mg.kg-1
- tasso di solfuri totali, espresso in concentrazione di zolfo, inferiore a 300 mg.kg-1
- assenza di argilla
- assenza di sostanze organiche.

La necessità di impiegare terreni con caratteristiche ben definite e tali da assicurare una corrosività delle armature metalliche trascurabile, rappresenta un onere economico significativo, soprattutto laddove non sia facilmente reperibile un terreno con le caratteristiche richieste.

Può inoltre avvenire che, pur avendo utilizzato un terreno "a specifica" dal punto di vista del contenuto di speci aggressive, l'ambiente esterno nel tempo ne alteri le caratteristiche, inquinandolo

ad esempio con sali cloruri, come si verifica in zone marine o, ancora, sulle strutture stradali per effetto dell'impiego di sali anticongelanti. Fenomeni dovuti ad inquinamento ambientale, quali ad esempio quelli dovuti alle "piogge acide", contribuiscono a rendere ancora più complesso il problema. Ne risulta un progressivo aumento della corrosività del terreno, che in tempi più o meno lunghi può causare la corrosione delle armature pregiudicando la resistenza meccanica dell'intera struttura.

In letteratura (G.E.Blight, M.S. Dane, "Deterioration of a Wall Complex Constructed of Reinforced Earth", *Géotechnique*, vol. 39, n. 1. pp. 47-53, 1989) è descritto un caso emblematico, avvenuto dopo soli 18 mesi dalla posa in opera, di corrosione delle armature di acciaio zincato di una struttura in Terra Armata. L'attacco, manifestatosi in forma di corrosione localizzata, ha comportato il progressivo deterioramento della struttura, fino a richiederne la demolizione e la ricostruzione dopo 8 anni. L'attacco corrosivo è stato provocato dalla particolare aggressività del terreno: infatti, a causa delle difficoltà a reperire in loco terreno con i requisiti normalmente specificati, si è accettato un capitolato meno restrittivo, a fronte di una vita di progetto di 30 anni, con i seguenti limiti: pH, 5 - 10; resistività, superiore a 500 ohm.cm; cloruri, inferiori a 1500 mg.kg⁻¹; solfati, inferiori a 800 mg.kg⁻¹; uso di acqua di mare per la compattazione del terreno. In queste condizioni, unitamente alla presenza di argilla e sabbia che hanno dato luogo alla formazione di celle ad aerazione differenziale, si sono verificati gli attacchi corrosivi di cui sopra.

Anche la tecnica della protezione catodica, che viene normalmente applicata per la prevenzione della corrosione dell'acciaio in ambienti quali il terreno, l'acqua di mare, il calcestruzzo, ecc., risulta di fatto non facilmente praticabile nel caso in esame per una serie di ragioni tecniche ed economiche, tra le quali si citano:

- la difficoltà di realizzare i contatti elettrici tra le armature in acciaio da proteggere e gli anodi, siano essi di tipo sacrificiale o a corrente impressa;
- l'eccessivo consumo dei materiali anodici sacrificali tradizionali (in pratica i soli tipi al magnesio), in relazione alla necessità per l'acciaio al carbonio di raggiungere condizioni di immunità: tale condizione, nel caso di superfici nude, prive cioè di rivestimento, corrisponde a densità di corrente elevate, e pertanto a consumi notevoli anche in relazione alle vite di progetto estremamente lunghe, ad esempio 100 anni, che si richiedono a queste strutture;
- la difficile accessibilità per la eventuale sostituzione degli anodi esauriti;
- i problemi di distribuzione della corrente e del potenziale su una struttura catodica, cioè le piattine di armatura nel terreno che costituiscono un fitto reticolato, geometricamente complessa (quest'ultimo aspetto soprattutto nel caso di eventuali sistemi di protezione catodica a corrente impressa).

Per risolvere il problema della corrosione, si è tentato nel passato l'utilizzo di materiali metallici alternativi all'acciaio al carbonio zincato, ritenuti più resistenti alla corrosione. Così sono

stati sperimentati acciai inossidabili, caratterizzati da un contenuto di cromo uguale o superiore al 12 %, ma con risultati decisamente fallimentari (J.M. Jailloux, "Durability of Materials in Soil Reinforcement Application", 9th European Congress on Corrosion, Utrecht, 2-6 ottobre 1989; M. Darbin, et al., "Durability of Reinforced Earth Structures: the Results of Long-term Study Conducted on Galvanized Steel", Proc. Instn. Civ. Engrs, Part 1, 1988, Vol. 84, Oct., 1029-1057). Questi materiali infatti, che normalmente operano in condizioni cosiddette passive, ricoperti cioè da un film protettivo di ossido di cromo, subiscono attacchi di corrosione con morfologia localizzata, ad opera soprattutto di ioni cloruri e, in secondo luogo, di batteri solfato riduttori. La situazione può risultare poi aggravata dalla presenza di argilla, la quale è caratterizzata da impervietà al trasporto di ossigeno, e favorisce pertanto l'instaurarsi di macrocoppie attivo-passive.

Questo tipo di corrosione a morfologia localizzata riduce drasticamente la resistenza meccanica dell'elemento metallico, e, paradossalmente, il danno può risultare addirittura maggiore rispetto al caso di attacco generalizzato, come viceversa avviene normalmente sull'acciaio al carbonio zincato. Pertanto l'impiego di acciai inossidabili è stato frettolosamente abbandonato.

E' allo studio anche l'impiego di materiali polimerici; tuttavia la loro applicazione in esercizio richiede ancora molte indagini, soprattutto per quanto riguarda la stabilità di materiali polimerici per tempi molto lunghi.

Per il complesso di ragioni sopra delineato, la corrosione delle armature rappresenta di fatto un onere cospicuo, nei termini visti di requisiti imposti al terreno, e in ogni caso costituisce un rischio durante la vita operativa per la possibilità di modificazioni delle condizioni di aggressività del terreno.

La nuova soluzione proposta è quella di utilizzare acciaio inossidabile opportunamente polarizzato catodicamente.

E' noto infatti che una debole polarizzazione catodica previene l'insorgere delle forme di corrosione localizzata, mantenendo l'acciaio inossidabile nelle condizioni cosiddette di passività perfetta, cioè di stabilità sia rispetto alle forme di corrosione localizzata, sia alla corrosione generalizzata (P. Pedferri, "Corrosione e Protezione dei Materiali Metallici", CLUP, Milano, 1978; L. Lazzari, P. Pedferri, "Protezione Catodica", CLUP, Milano, 1981).

Per illustrare il comportamento corrosionistico degli acciai inossidabili è conveniente fare riferimento alla cosiddetta "caratteristica anodica" del materiale, e ai parametri detti potenziale di passivazione, E_p , potenziale di pitting, E_r , e potenziale di protezione, E_{pp} . Nella fig. 1 è illustrato su un grafico potenziale - logaritmo della densità di corrente, la caratteristica anodica tipica di un acciaio inossidabile in un ambiente quale acqua di mare o terreno aggressivo. Con riferimento alla figura, si vede che quando il potenziale naturale cade nell'intervallo $E_r - E_p$ il materiale opera in condizioni di passività, cioè la corrente associata al processo anodico è molto bassa, pari a i_p , e la velocità di corrosione è trascurabile.

Viceversa, per valori del potenziale naturale al di sopra del potenziale di pitting, E_r , il materiale è sempre soggetto a corrosione localizzata per vaiolatura. All'interno dell'intervallo di potenziale compreso tra E_r ed E_p , si distinguono poi i potenziali al di sopra o al di sotto del potenziale E_{pp} , detto di passività perfetta o di protezione dal pitting.

Nell'intervallo di potenziale compreso tra E_r ed E_{pp} , il materiale si trova in condizioni di passività imperfetta: esistono cioè rischi di attacco localizzato, e soprattutto, una volta innescati, tali attacchi si propagano senza possibilità di ripassivazione; al di sotto invece di E_{pp} , in condizioni cioè di passività perfetta, non esistono rischi di corrosione localizzata. I parametri E_r , E_p ed E_{pp} sono ovviamente caratteristici del tipo di acciaio inossidabile e del tipo di ambiente.

Alla luce di quanto appena visto, la polarizzazione del materiale metallico in senso catodico, e precisamente dal potenziale di libera corrosione, ad un potenziale al di sotto del potenziale E_{pp} , di passività perfetta, annulla qualunque rischio di corrosione.

Facendo riferimento come ambiente all'acqua di mare, che sicuramente può essere assimilata conservativamente ad un terreno molto corrosivo, si tratta in pratica per i più comuni acciai inossidabili - austenitici, martensitici, ferritici, precipitation hardening, austeno-ferritici, ecc. - di portare il potenziale a valori intorno indicativamente a $-0.100 \div -0.400$ V vs Cu/CuSO_4 saturo. Una definizione più esatta del potenziale di protezione dal pitting dipende dal tipo di acciaio inossidabile e dal tipo di terreno: in ogni caso si tratta di condizioni di polarizzazione decisamente più blande rispetto a quelle

che si richiedono per la protezione dell'acciaio al carbonio (-0.850 V vs Cu/CuSO₄).

In queste condizioni, si può sicuramente affermare che l'acciaio inossidabile presenta le caratteristiche richieste per l'applicazione in tutti i tipi di terreno che si possono realisticamente incontrare con Terra Armata, e soprattutto in terreni con requisiti di corrosività meno restrittivi di quelli attualmente imposti e come tali più facilmente reperibili.

La densità di corrente necessaria a polarizzare l'acciaio inossidabile nel campo di passività perfetta, pur essendo di difficile stima, è comunque inferiore a quella necessaria all'acciaio al carbonio per raggiungere le condizioni di immunità dalla corrosione. Questo aspetto comporta un minor consumo del materiale anodico.

L'innovazione, nella sua formulazione più generale, consiste pertanto in strutture in Terra Armata, caratterizzate da elevata resistenza alla corrosione nei termini visti sopra, dove le armature sono costituite da bandelle in acciaio inossidabile polarizzate catodicamente.

Con il termine acciai inossidabili si intendono qui le leghe a base di ferro, caratterizzate dalla seguente composizione di massima, espressa come percentuale in peso dei principale elementi di lega:

cromo,	11 - 35 %
nicel,	35.0 % max
molibdeno,	7.0 % max
rame,	3.0 % max

alluminio,	1.0 % max
titanio,	1.0 % max
niobio,	1.0 % max
tungsteno,	0.5 % max
carbonio,	0.5 % max
zolfo	0.05 % max
fosforo	0.05 % max
silicio,	2.5 % max
manganese,	3.0 % max
azoto,	0.4 % max
ferro,	rimanente

Alla composizione chimica specifica di un particolare acciaio inossidabile e al trattamento termico a cui è sottoposto fa riscontro il tipo di microstruttura: in particolare si considerano qui le seguenti classi di acciai inossidabili, definite sulla base della microstruttura: martensitici, austenitici, ferritici, bifasici austeno-ferritici, superaustenitici, precipitation hardening. All'interno poi di ciascuna classe si possono poi distinguere materiali aventi caratteristiche diverse a seguito di operazioni di trattamento termico e soprattutto di lavorazione a freddo (incrudimento) (A. Cigada, G. Re, "Metallurgia", Vol. II, CLUP, Milano, 1984).

Per realizzare le condizioni richieste di polarizzazione catodica, si può ricorrere ad un sistema del tipo cosiddetto "a corrente impressa", dove l'effetto di polarizzazione è ottenuto per interposizione di una forza elettromotrice esterna nel circuito

costituito dalle armature e da uno o più anodi, ad esempio di tipo non consumabile, collocati nel terreno (L. Lazzari, P. Pedferri, "Protezione Catodica", CLUP, Milano, 1981).

Preferenzialmente invece la polarizzazione potrà essere ottenuta secondo il principio cosiddetto degli "anodi sacrificali", dove la forza motrice per la polarizzazione viene fornita dalla pila che si forma accoppiando il metallo da proteggere con altro metallo elettrochimicamente meno nobile.

In particolare come materiale anodico sacrificiale può essere utilizzato, oltre ai materiali tradizionali, quali alluminio, zinco o magnesio, anche l'acciaio al carbonio, che presenta un potenziale spontaneo nei terreni di $-0.400 \div -0.600$ V vs Cu/CuSO_4 saturo. Il vantaggio specifico dell'acciaio al carbonio, rispetto agli altri materiali anodici menzionati, è rappresentato dal fatto che, essendo il suo potenziale naturale più vicino a quello degli acciai inossidabili, l'effetto di protezione si realizza nei termini desiderati senza eccessivo consumo del materiale anodico.

In questa situazione l'acciaio al carbonio assume comportamento anodico e l'acciaio inossidabile comportamento catodico, con l'effetto di produrre circolazione di una debole corrente di corto circuito, a cui corrispondono sulle superfici elettrodiche le reazioni di riduzione di ossigeno al catodo (cioè l'acciaio inossidabile), e di dissoluzione anodica del ferro sull'anodo di acciaio al carbonio. Nel terreno la circolazione della corrente di corto circuito è inoltre favorita dalla migrazione delle specie ioniche disciolte nell'acqua: in particolare le

specie ioniche cariche positivamente migreranno verso il catodo e quelle cariche negativamente verso l'anodo. Quest'ultimo aspetto svolge un ruolo particolarmente importante nel mantenere in condizioni di attività le superfici anodiche in acciaio: infatti gli ioni cloruro concentrandosi in prossimità delle superfici anodiche, prevengono l'instaurarsi di condizioni di passivazione del ferro, le quali potrebbero ridurre o annullare la differenza di potenziale rispetto all'acciaio inossidabile.

La qualità dell'acciaio inossidabile selezionato per una particolare realizzazione, determina insieme al dispositivo di polarizzazione catodica, la resistenza alla corrosione e in definitiva l'affidabilità del sistema. Si può affermare che, a parità di condizioni di polarizzazione, i rischi di innesco di attacco localizzato risulteranno tanto più bassi quanto più nobile è il potenziale di pitting, dell'acciaio inossidabile considerato. In questo senso, gli acciai inossidabili possono essere classificati in funzione del parametro "Pitting Resistance Equivalent" (P.R.E.) definito sulla base del contenuto di cromo, molibdeno e azoto, come (P. Wilhelmsson et al., "Sandvik SAF 2304 - A High-Strength Stainless Steel for the Engineering and Construction Industries", A.B. Sandvik Steel, R&D Centre):

$$\text{P.R.E.} = \text{Cr}\% + 3.3\text{Mo}\% + 16\text{N}\%$$

In una sua realizzazione preferita, l'invenzione consiste in una armatura per terreno costituita da una striscia bimetallica di acciaio inossidabile di tipo austeno-ferritico e di acciaio al carbonio. Dal

punto di vista della resistenza meccanica tutto il carico viene sostenuto dall'elemento in acciaio inossidabile, e in tal senso deve essere effettuato il dimensionamento per il calcolo della larghezza e dello spessore della sezione in acciaio inossidabile. Viceversa lo spessore in acciaio al carbonio ha soltanto la funzione "elettrochimica" di anodo sacrificiale; il suo dimensionamento dovrà pertanto essere tale da assicurare una durata sufficiente, compatibile con la vita di progetto.

Dette bandelle di bimetallo (acciaio inossidabile - acciaio al carbonio) potranno essere prodotte per colaminazione, per saldatura a punti o in continuo dei due metalli, o con altro procedimento idoneo ad assicurare il contatto elettrico tra i due metalli.

Il prodotto finito potrà inoltre contenere delle sagomature trasversali o delle ricalcature per aumentarne l'aderenza con il terreno.

Questa realizzazione ha gli specifici vantaggi di risolvere le difficoltà di collegamento elettrico con gli anodi, siano essi del tipo sacrificiale o a corrente impressa, e di assicurare una distribuzione uniforme della corrente e del potenziale per tutta la lunghezza dell'armatura.

Per quanto riguarda gli accessori metallici di fissaggio delle bandelle al paramento in calcestruzzo - dado, bullone, zanche - questi non necessitano nel disegno di alcuna modificazione rispetto alla attuale progettazione. Per quanto riguarda i materiali possono essere realizzati secondo la tecnica tradizionale, ovvero in acciaio al

carbonio galvanizzato, o, in casi di particolare aggressività del terreno, anch'essi in acciaio inossidabile, preferibilmente di tipo austeno-ferritico.

L'invenzione in una delle sue possibili forme realizzative è illustrata nella fig. 2, dove l'armatura bimetallica è costituita da un elemento 1 in acciaio inossidabile, di spessore s_1 , e da un elemento 2, colaminato, in acciaio al carbonio, di spessore s_2 ; l'armatura è quindi finita con una serie di nervature trasversali 3 per aumentarne l'aderenza con il terreno; l'occhiello 4, all'estremità delle bandelle, serve all'ancoraggio del paramento.

Una seconda forma realizzativa è riportata nella fig. 3, dove i due componenti in acciaio inossidabile e in acciaio al carbonio sono assiemati per saldature nei punti 5 (gli altri numeri indicano i medesimi elementi della fig. 2).

Nella fig. 3, per aumentare l'aderenza tra l'armatura e il terreno sono state introdotte le zone ricalcate 6, caratterizzate dallo spessore s_3 .

ESEMPIO 1

Il caso riguarda la realizzazione di un tratto di barriera litoranea in Terra Armata, esposta ad una atmosfera tipicamente marina e pertanto suscettibile di contaminazione del terreno ad opera di sali cloruri.

La progettazione tradizionale, con armature in acciaio al carbonio zincata a caldo, prevedeva bandelle di larghezza 50 mm e spessore 6mm. Rispetto allo spessore totale, 3 mm rappresentavano il sovraspessore di

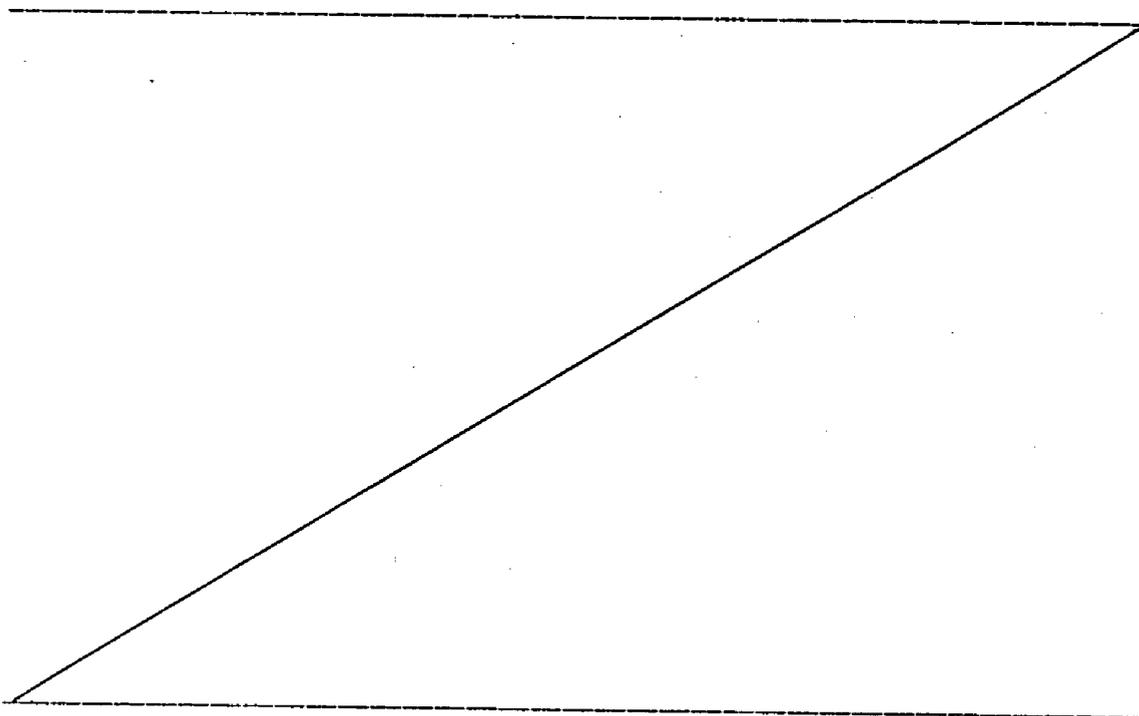
corrosione, mentre lo spessore residuo di 3 mm - spessore utile - era richiesto per resistere al carico di esercizio, tenuto conto che il carico unitario di snervamento ($R_p 0.2$) per l'acciaio al carbonio in esame è pari a 240 N.mm^{-2} min. Dalle dimensioni della sezione utile e dal carico di snervamento, si calcola una resistenza meccanica a trazione delle bandelle di 36.000 N.

Per garantire la resistenza a corrosione per l'intera vita di progetto, pari a 100 anni, la struttura è stata realizzata con armature costituite da un elemento bimetallico in acciaio inossidabile Sandvik SAF 2304 (marchio depositato della Società A.B. Sandvik Steel, Svezia), allo stato solubilizzato, e in acciaio al carbonio. L'acciaio inossidabile SAF 2304 (P. Wilhelmsson et al., "Sandvik SAF 2304 - A High-Strength Stainless Steel for the Engineering and Construction Industries", A.B. Sandvik Steel, R&D Centre) caratterizzato da una resistenza alle forme di corrosione localizzata superiore a quella dei tipi tradizionali AISI 304L e 316L (P.R.E. pari a 24.6 per il SAF 2304, 24.3 per l'AISI 316L e 18.4 per l'AISI 304L).

La resistenza meccanica della bandella è affidata all'elemento di acciaio inossidabile, caratterizzato da un carico di snervamento minimo ($R_p 0.2$) di 400 N.m^{-2} . Per garantire una resistenza a trazione uguale a quella calcolata per il caso dell'acciaio al carbonio galvanizzato, è stata scelta una sezione di larghezza 60 mm e spessore 1.5 mm. L'elemento in acciaio al carbonio, con funzione di anodo sacrificiale e di 3 mm di spessore, è applicata mediante saldatura a punti, con passo di 500 mm, delle due strisce tra loro.

Il dimensionamento dello spessore dell'elemento in acciaio al carbonio è stato effettuato assumendo conservativamente una densità di corrente di protezione di 10 mA.m^{-2} e un consumo anodico dell'acciaio di $10 \text{ g.mA}^{-1} \cdot \text{anno}^{-1}$; il consumo dell'acciaio viene calcolato supponendo che la densità di corrente di progetto sia spesa per la riduzione dell'ossigeno disponibile sulla superficie di acciaio inossidabile - una faccia - e sull'acciaio al carbonio - una faccia (viene trascurata la corrente eventualmente assorbita dalle due superfici metalliche affacciate tra loro, sicuramente molto modesta risultando ostacolato nell'interstizio il trasporto locale dell'ossigeno).

Le armature bimetalliche realizzate come illustrato, sono state ispezionate ad un anno di distanza della messa in opera e presentavano una corrosione uniforme dell'acciaio, lato terreno, di 15 micron; viceversa l'elemento in acciaio inossidabile non mostrava nessuna corrosione, nè di tipo generalizzato nè di tipo localizzato.



RIVENDICAZIONI

1. Armatura metallica utilizzabile in particolare in un metodo di rinforzo del terreno denominato "Terra Armata" (marchio depositato), caratterizzata dal fatto di essere realizzata in acciaio inossidabile polarizzato catodicamente nel campo della passività perfetta.

2. Armatura secondo la rivendicazione 1, in cui il detto acciaio inossidabile è di tipo martensitico o austenitico o ferritico o bifasico austeno-ferritico o super-austenitico o precipitation hardening, eventualmente incrudito, i cui principali elementi di lega sono:

cromo,	11 - 35 %
nicel,	35.0 % max
molibdeno,	7.0 % max
rame,	3.0 % max
alluminio,	1.0 % max
titanio,	1.0 % max
niobio,	1.0 % max
tungsteno,	0.5 % max
carbonio,	0.5 % max
zolfo	0.05 % max
fosforo	0.05 % max
silicio,	2.5 % max
manganese,	3.0 % max
azoto,	0.4 % max
ferro,	rimanente

3. Armatura secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui la detta

polarizzazione catodica è ottenuta "a corrente impressa", cioè per applicazione di una forza elettromotrice esterna nel circuito costituito dall'armatura e da uno o più anodi preferibilmente di tipo non consumabile, collocati nel terreno.

4. Armatura secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzata dal fatto di essere realizzata come una struttura bimetallica, costituita da un elemento di rinforzo vero e proprio (1) in acciaio inossidabile e da un elemento (2) in metallo elettrochimicamente meno nobile, fungente da anodo sacrificiale.

5. Armatura secondo la rivendicazione 4, in cui l'elemento (2) fungente da anodo sacrificiale è ricavato in acciaio al carbonio.

6. Armatura secondo la rivendicazione 4 o 5, in cui l'elemento di rinforzo (1) è in particolare acciaio inossidabile austeno-ferritico, SANDVIK SAF 2304 (marchio depositato), allo stato solubilizzato o incrudito.

7. Armatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 6, in cui il contatto bimetallico tra l'elemento (1) in acciaio inossidabile e l'anodo sacrificiale (2) è ottenuto per colaminazione.

8. Armatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 6, in cui il contatto bimetallico tra l'elemento (1) in acciaio inossidabile e l'anodo sacrificiale (2) è realizzato per saldatura continua o a punti con spaziatura compresa tra 50 e 1000 mm.

9. Armatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 8, in cui la detta struttura bimetallica (1-2) presenta una pluralità di nervature (3) e/o di zone riscaldate (6) per aumentare l'aderenza con il

terreno.

10. Armatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 4 a 9, in cui la detta struttura bimetallica (1-2) presenta almeno un occhiello (4) per l'ancoraggio al paramento in calcestruzzo nella costruzione di opere murarie.

11. Armatura secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti in cui gli accessori metallici di fissaggio delle strutture bimetalliche al paramento in calcestruzzo sono di acciaio inossidabile.

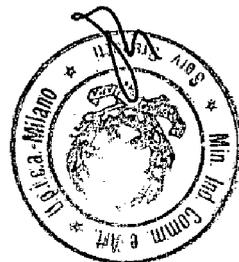
12. Metodo di rinforzo del terreno denominato "Terra Armata", caratterizzato dal fatto di utilizzare un'armatura metallica secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-11.

13. Opere murarie realizzate con il metodo secondo la rivendicazione 12.

Milano, 24 novembre 1989

Il Mandatario
(Minoja Fabrizio)
dello Studio Consulenza Brevettuale S.r.l.

Fabrizio Minoja



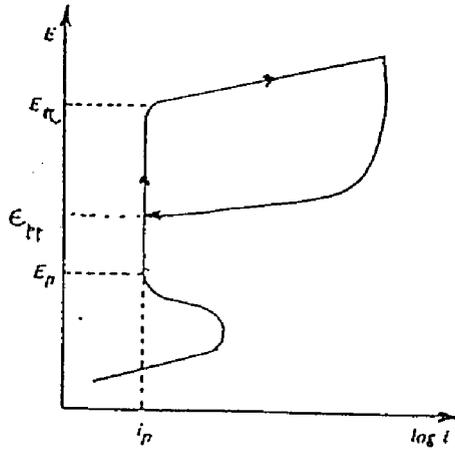


Fig. 1

2250 5A/89

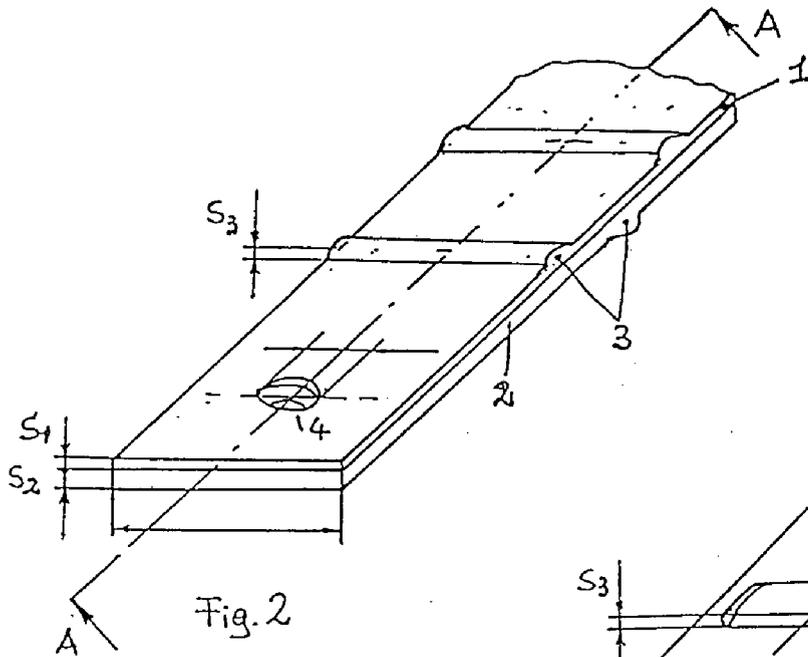


Fig. 2

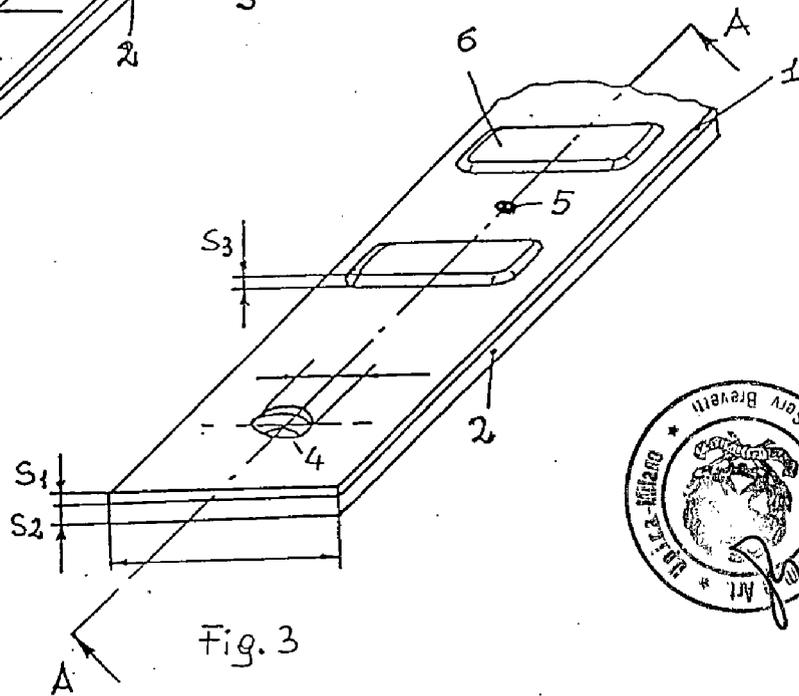
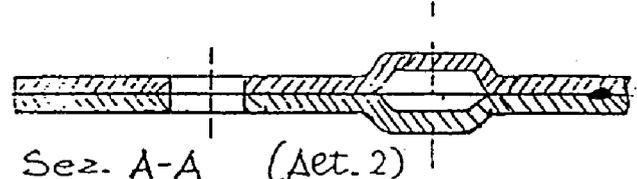
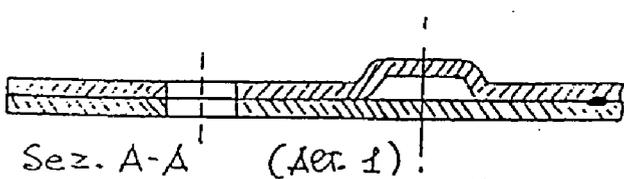


Fig. 3



Il Mandatario
(Minoja Fabrizio)
dello Studio Consulenza Brevettuale S.r.l.

Fabrizio Minoja