

68. Francesco UGOLINI. — Osservazioni e ricerche sulla corrosione di alcune tubazioni metalliche interrate in prossimità di una linea ferroviaria.

Riassunto. — Sono descritti alcuni aspetti di corrosione tipica dovuti a correnti disperse nel terreno da una linea ferroviaria e sono riportati i valori dei potenziali elettrici misurati nella zona esaminata. L'autore illustra i criteri con i quali sono state impiantate alcune prove di laboratorio per una determinazione qualitativa e quantitativa di corrosione e discute l'applicazione di determinati tipi di protezioni alle strutture interrate.

Résumé. — On décrit certains aspects typiques de corrosion dus aux courants dispersés dans le terrain par une ligne de chemin de fer et l'on rapporte les valeurs des potentiels électriques mesurés dans la zone examinée. L'auteur expose le critérium selon lequel certaines expériences de laboratoire ont été faites pour une détermination qualitative et quantitative de la corrosion et il examine l'application de types déterminés de protection pour les structures enterrées.

Summary. — Various aspects of typical corrosion due to dissipated currents in the ground of a railway line have been described and also measurements of electrical potentials in the zone under examination are given. The criteria for the qualitative and quantitative determination of corrosion by laboratory techniques have been illustrated. Finally the application of various methods for the protection of the underground pipes have been discussed.

Zusammenfassung. — Beschrieben werden einige Gesichtspunkte der typischen Korrosion, die auf von einer Bahnstrecke herkommende Dispersionsströme in der Erde zurückzuführen ist. Gleichzeitig wird über die elektrischen Potentialmessungen in dem untersuchten Gebiet berichtet. Der Verfasser erläutert die Gesichtspunkte, nach denen einige Laboratoriumsversuche zwecks qualitativer und quantitativer Bestimmung der Korrosion durchgeführt wurden, und verbreitet sich über die Anwendung bestimmter Schutzmittel für in der Erde verlegte Rohrleitungen.

In un precedente articolo descrittivo (*) sono state illustrate le cause di corrosione delle condotte interrate per effetto delle correnti disperse e sono stati passati in rapida rassegna i metodi di protezione attualmente in uso ed in studio per la protezione delle tubazioni metalliche.

Si ritiene interessante illustrare qui di seguito un caso pratico relativo alle corrosioni che si sono verificate su di un acquedotto interrato circa 25 anni or sono, costruito con tubi metallici (acciaio al carbonio) non rivestiti, ubicati in prossimità di una linea ferroviaria e giuntati con manicotti filettati.

Queste tubazioni furono poste in opera nella zona di Guidonia (Roma) e, come è risultato da una inchiesta effettuata dal sottoscritto, nei primi anni di esercizio, quando la vicina linea ferroviaria non era stata elettrificata, non si verificarono perdite dovute a corrosioni del metallo. Queste cominciarono ad apparire poco dopo la elettrificazione della linea dando luogo a frequenti sostituzioni di tubazioni. Allorchè la linea ferroviaria fu semidistrutta a causa degli eventi bellici, anche le corrosioni delle tubazioni subirono una inflessione per riapparire nuovamente frequenti con la rieletrificazione della linea subito dopo la guerra.

I campioni di tubazioni prelevati dalla rete apparivano fortemente corrosi uniformemente per tutta la superficie del mantello cilindrico superiore (rivolto verso l'alto) ed invece presentavano segni di corrosione accentuata con svaiolatura localizzata sulla superficie del mantello cilindrico inferiore (rivolto verso il basso). Fig. 1. All'interno dei tubi apparivano lievi tracce di tubercolizzazione per ferrogenesi. L'acciaio dei tubi è risultato corrispondere al tipo 00 UNI 663, privo di rivestimento esterno.

Poichè risultava evidente trattarsi di corrosioni dovute essenzialmente a correnti disperse nel terreno sono state dal sottoscritto effettuate delle misure elettriche di potenziale condotta-terreno operando nel seguente modo.

MISURE ELETTRICHE.

Innanzitutto il tracciato della rete è stato rilevato con facilità mediante l'impiego di un ricercatore ad alta frequenza « Detector Buretra » e sono stati scavati dei pozzetti fino a raggiungere la tubazione sulla quale sono state applicate, in ogni pozzetto, due cravatte strette con bulloni

(*) « Protezione delle condotte dalle correnti disperse » - Rend. I.S.S., vol. XV, pagg. 399-407, fig. 4 (1952).

al fine di stabilire un buon contatto elettrico tra la tubazione ed una morsettiera alla quale furono successivamente applicati i capicorde degli strumenti di misura. Come prese di terra si usarono dei paletti di 1 metro di lunghezza, sezione a T da 35 mm. infissi nel terreno a 10 metri dalla tubazione. Queste misure sono state eseguite a distanza di 60, 45 e 25 metri dalla sede ferroviaria. Le misure sono state effettuate ad intervalli di tempo tra le ore 8 e le ore 16, con un millivoltmetro da 20.000 hom per volt. I risultati sono riportati, per i tre pozzetti rispettivamente nelle tabelle 1, 2 e 3.

I risultati di queste misure sono in accordo con le osservazioni « in loco » dalle quali apparivano maggiormente corrose le tubazioni poste nelle zone nelle quali furono scavati i pozzetti B e C, tubazioni che sono risultate anodiche rispetto al terreno.

CARATTERISTICHE DEL TERRENO

Il terreno di risulta degli scavi dei pozzetti è stato anch'esso oggetto di analisi. Questo terreno è di natura grassa su strato calcareo sottostante: i valori di resistività in hom-metro sono stati misurati in funzione del grado di umidità e riportati nella tabella n. 4.

Il valore del pH è risultato variabile con il grado di umidità. La presenza di solfato di calcio è in rapporto alla esistenza nella zona di polle di acque sulfuree.

Al fine di ottenere elementi di valutazione per una futura posa in opera di tubazioni ed applicazione di rispondenti mezzi di protezione, sono state effettuate nel Laboratorio di Ingegneria dell'Istituto Superiore di Sanità, studi corrosione, delle prove di laboratorio per la determinazione quantitativa della corrosione dei tubi quando questi sono immersi nel terreno originario contenente solfato di calcio ed in presenza di correnti elettriche disperse della entità media di quelle misurate sul luogo. Le esperienze sono state così improntate:

a) Resistenza all'azione di corrosione chimica dei tubi di acciaio al carbonio 00 UNI 663 nel terreno originario (contenente solfato di calcio);

b) Resistenza all'azione di corrosione chimica ed elettrolitica della stessa tubazione di cui al punto a) nello stesso terreno.

c) Resistenza all'azione di corrosione chimica dei tubi di ghisa con carbonio a struttura ledeburitica nel terreno originario (contenente solfato di calcio).

TABELLA 1

d. d. p. tra tubazione ed elettrodo di terra — pozzetto A — distanza tra tubazione e sede ferroviaria m. 60		
— 40 mV	}	senza traffico ferroviario nella zona
— 45 »		
— 43 »		
— 50 »		
— 125 mV	}	con traffico ferroviario in salita nella zona
— 250 »		
— 300 »		
— 150 »		
— 160 mV	}	con traffico ferroviario in discesa nella zona
— 150 »		
— 170 »		
Tubazione catodica		

TABELLA 2

d. d. p. tra tubazione ed elettrodo di terra — pozzetto B — distanza tra tubazione e sede ferroviaria ml. 45		
+ 250 mV	}	senza traffico ferroviario apparente nella zona
+ 360 »		
+ 380 »		
+ 410 »		
+ 630 mV	}	con traffico ferroviario apparente nella zona
+ 725 »		
+ 770 »		
+ 590 »		
Tubazione anodica		

TABELLA 3

d. d. p. tra tubazione ed elettrodo di terra — pozzetto C — distanza tra tubazione e sede ferroviaria ml. 25	
+ 75 mV + 70 » + 85 » + 93 » }	senza traffico ferroviario apparente nelle zone
+ 270 mV + 325 » + 430 » + 360 » }	con traffico ferroviario apparente nella zona
Tubazione anodica	

TABELLA 4

Campione di terreno dei pozzetti A - B - C temperatura 10° C			
Grado di umidità %	Pozzetto A Res. hom-m	Pozzetto B Res. hom-m	Pozzetto C Res. hom-m
0	> 10.10 ⁶	> 10.10 ⁵	> 10.10 ⁶
2	3.050	3.970	3.150
5	530	720	810
10	210	360	425
20	64	86	126
30	42	59	74

d) Resistenza all'azione di corrosione chimica ed elettrolitica della stessa tubazione di cui al punto c nello stesso terreno.

e) Resistenza all'attacco chimico e valore di protezione elettrolitica degli usuali correnti rivestimenti sempre nello stesso terreno delle precedenti esperienze.

f) Resistenza all'azione di corrosione chimica delle tubazioni in cemento amianto nel terreno originario (contenente solfato di calcio).

g) Resistenza all'azione di corrosione chimica ed elettrolitica delle tubazioni di acciaio con rivestimento esterno vetrificato, nel terreno delle precedenti esperienze.

h) Resistenza all'azione di corrosione chimica delle tubazioni in materiale termoplastico nel solito terreno.

RISULTATI DELLE ESPERIENZE DI LABORATORIO

Senza entrare in merito alle modalità con le quali sono state condotte le esperienze, per le quali si rimanda il lettore ad altra pubblicazione (*), si riportano qui di seguito i principali risultati:

Esperienze a- b- c- d

Le tubazioni in acciaio al carbonio sono risultate corrodibili in misura notevole perchè il solfato di calcio, come noto, provoca idrolizzandosi un aumento della concentrazione di ioni H^+ (solubilità del $CaSO_4$ 1,75 gr/l a $0^\circ C$)

Alla concentrazione di 1,36 g/l (N/100) il suo grado di dissociazione in ioni Ca^{++} ed SO_4^- è di circa il 63%. Pertanto dato il valore ridotto del grado di dissociazione del $Ca(OH)_2$, gli ioni Ca^{++} tendono in buona parte a combinarsi con gli OH^- sottraendoli all'acqua. Ne risulta rotto l'equilibrio H^+ ed OH^- e si dissociano nuove molecole d'acqua per ripristinare l'equilibrio tra Ca^{++} e OH^- e $Ca(OH)_2$. Gli H^+ in eccedenza coesistono con SO_4^- dato il forte grado di dissociazione di H_2SO_4 . Ne consegue un aumento di concentrazione $[H^+]$, cioè una diminuzione del pH ed un aumento dell'aggressività del terreno.

I valori delle prime nostre esperienze hanno dimostrato che la corrosione del ferro 00 UNI 663 in una soluzione di $CaSO_4$ all'1% è 15 volte quella nell'acqua normale.

E' risultato altresì che, rispetto al ferro, la ghisa ledeburitica è notevolmente meno corrodibile e con difficoltà si ottiene il processo di spongiosi, che è proprio invece della ghisa grafitica.

(*) UGOLINI F.: « Osservazioni sui sistemi di protezione delle tubazioni metalliche interrate ed esperienze di corrosione per correnti disperse » - Rendiconti I.S.S., vol. XVII, pagg. 695-702, fot. 6 (1954).

Esperienza e

I rivestimenti di bitume e lana di vetro o iuta applicati mediante fasciatura hanno posto in evidenza che allorchè questi sono immersi in acqua il valore della loro resistenza elettrica trasversale decresce notevolmente. Infatti bollicine di aria si staccano dalla superficie dei rivestimenti, il che corrisponde ad un assorbimento d'acqua da parte dei medesimi.

La pellicola di bitume applicata al tubo è permeabile all'acqua a causa di fenomeni osmotici dovuti alle basi contenute nel terreno con conseguente rottura della pellicola stessa.

In tal caso i fenomeni di corrosione sono localizzati su di una piccola superficie e raggiungono valori di notevole intensità specifica.

I rivestimenti in nastri plasticati e paraffinati non putrescibili, di più recente impiego, debbono la loro particolare resistenza alla presenza di paraffina che è un composto a molecola stabile nel tempo. Questi rivestimenti si applicano sovrapponendo elicoidalmente dei nastri al tubo ed è importante impedire che sostanze estranee impediscano la perfetta aderenza dei bordi dei nastri e dei nastri al tubo perchè altrimenti attraverso tali vie di discontinuità il terreno potrebbe venire a contatto con il materiale metallico e causare, come già detto, una rapida corrosione localizzata.

I rivestimenti mediante verniciatura, a caldo od a freddo, male si prestano in genere alla protezione delle condotte interrate che sono esposte all'azione corrosiva degli acidi organici i quali agiscono nel tempo da solventi delle vernici e degli smalti. Inoltre le vernici e gli smalti oltre ad essere esposti a danneggiamenti dovuti a fenomeni osmotici sono soggetti a danneggiamenti per cause meccaniche che facilmente li pongono fuori uso.

Esperienza f

Si è osservato, per le tubazioni in cemento amianto ed in cemento armato, che la presenza del solfato di calcio nel terreno tende, come noto, a sciogliere i normali conglomerati e quindi è necessario ricorrere ad impasti speciali resistenti all'azione del solfato di calcio.

Esperienza g

Le tubazioni vetrificate si sono comportate egregiamente senza dare luogo a corrosioni di natura chimica ed elettrolitica. Solamente nelle zone dove si sono volutamente avariati gli strati di vetrificazione, il metallo sottostante si è corroso rapidamente.

Esperienza h

Le tubazioni in materiali termoplastici, per quanto riguarda la resistenza alle azioni di corrosioni chimiche sembra che rispondano egregiamente, tenendo però conto del fatto che alcuni acidi organici ed alcuni prodotti chimici possono favorire la depolimerizzazione. Tuttavia un lato ancora negativo è rappresentato dalla scarsa resistenza meccanica all'invecchiamento dovuto allo scorrimento laterale della molecola del polimero.

OSSERVAZIONI SUI RISULTATI DELLE MISURE, DELLE ESPERIENZE E CONSIDERAZIONI SUI MEZZI E SISTEMI DI PROTEZIONE DA ADOTTARSI.

In relazione a quanto esposto relativamente alle misure dei potenziali elettrici del terreno, alla sua composizione e tenendo conto dei risultati delle prove effettuate in laboratorio su campioni di tubazioni di diversi materiali, esposti ad un'azione corrosiva analoga a quella che si verificherebbe nel terreno di impiego, è possibile concludere questa breve esposizione dei dati sperimentali come segue:

Attacco chimico

Poichè il terreno è grasso su strato calcareo, durante le piogge le acque vengono difficilmente assorbite ed allontanate. Ne consegue che il solfato di calcio presente nel terreno si idrolizza dando luogo ad una diminuzione del valore del pH cui corrisponde un aumento di aggressività corrosiva nei riguardi delle tubazioni metalliche e cementizie.

Attacco elettrolitico

Come risulta dai dati di misura, la resistività del terreno decresce con l'aumentare del grado di umidità ed in tal modo l'entità delle correnti disperse dalla linea ferroviaria assume valori pericolosi per le tubazioni interrate, anche in relazione al fatto che la distribuzione dei potenziali elettrici nel terreno non è uniforme.

Mezzi di protezione

Nel caso in esame le tubazioni interrate dovrebbero essere protette sia dall'azione corrosiva dovuta a cause chimiche che dalla azione corrosiva dovuta a cause elettrolitiche.

I sistemi di protezione, in questo caso, dovrebbero adempiere al duplice scopo di una efficiente protezione trasversale delle tubazioni e

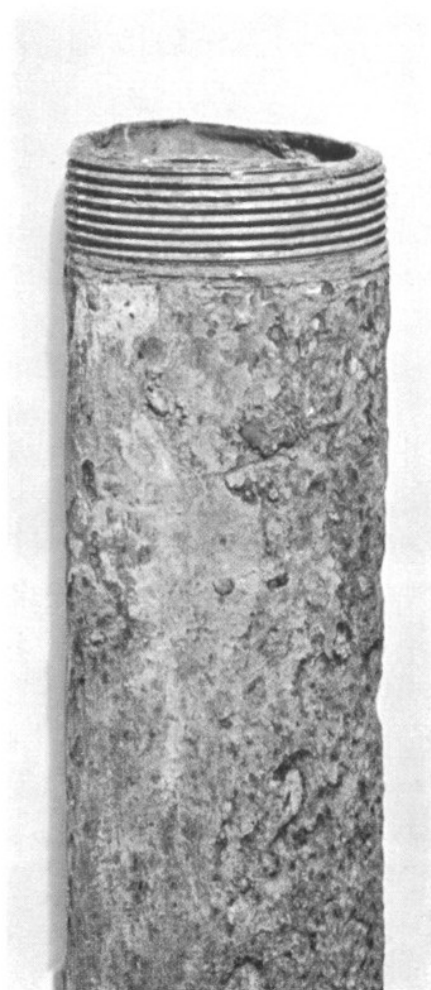


Fig. 1. - Tubazione in acciaio fortemente corrosa nella parte esterna superiore.

di una altrettanto efficiente protezione longitudinale dati gli elevati valori dei potenziali elettrici nei terreni.

Per quanto riguarda l'isolamento trasversale sarebbero in questo caso particolarmente indicati i rivestimenti del tipo « fasciature impu-
trescibili » con nastri paraffinati od analoghi applicati su materiali metallici poco aggredibili quali ad esempio le ghise ledeburitiche, (tubi centrifugati) oppure i rivestimenti ottenuti mediante vetrificazione.

Per quanto riguarda invece la protezione longitudinale, si esclude la protezione catodica dati gli elevati valori dei potenziali elettrici dei terreni ed i loro gradienti. Ciò comporterebbe notevoli spese di impianto e di esercizio.

Si ritiene invece che potrebbe essere in questo caso vantaggiosamente applicata la protezione longitudinale consistente nell'isolare elettricamente ogni tubo dal successivo mediante l'interposizione di giunti isolanti. Ogni tubo dovrebbe essere in tal modo solamente protetto dall'azione di corrosione chimica alla quale provvederebbe il semplice isolamento trasversale o rivestimento.

L'isolamento longitudinale delle tubazioni metalliche interrate mediante l'uso di giunti isolanti è del resto già adottato in molti casi ed a questo proposito ci riserviamo di comunicare in un prossimo lavoro i lusinghieri risultati sperimentali relativi ad un acquedotto di acciaio i cui tubi sono stati collegati con giunti isolanti ed interrati senza alcun rivestimento in un terreno percorso da correnti disperse da un impianto ferroviario.