

64. Francesco UGOLINI. — Osservazioni sui sistemi di protezione delle tubazioni metalliche interrato ed esperienze di corrosione per correnti disperse. (\*)

**Riassunto.** — Sono esaminati i sistemi di protezione in uso per le condotte metalliche interrato corrose da correnti disperse nei terreni e sono discussi i campi di applicazione.

Si riportano le osservazioni effettuate su acquedotti funzionanti le cui tubazioni metalliche sono state corrose o danneggiate dalle correnti disperse.

Infine si illustrano i risultati sperimentali di corrosione di natura elettrochimica ottenuti in laboratorio al fine di stabilire la resistenza all'attacco dei materiali metallici e lo studio dei particolari sistemi di protezione.

**Résumé.** — On examine le systèmes de protection contre les courants dispersés en usage pour les conduites souterraines métalliques et on discute les conditions de leur application.

On reporte les observations faites sur les aqueducs en fonction dont les canalisations on été corrodées et endommagées par les courants dispersés dans le terrain.

Enfin on commente les résultats expérimentaux de corrosion de nature electrochimique obtenus dans le laboratoire afin d'établir la résistance que les matériaux métalliques presentent à l'attaque et d'étudier les systèmes spéciaux de protection.

**Summary.** — The author has examined the systems in use for the protection of underground metallic conduits liable to corrosion from currents dissipated in the earth and he outlines their fields of application.

Observations are reported on an operating aqueduct, the metallic pipelines of which were corroded or damaged by current leaks.

Finally he describes the experimental results of corrosion by electro-chemical means carried out in the laboratory with a view to establishing the resistance of metallic materials to attack and studying particular methods of protection.

---

(\*) Comunicazione svolta al convegno di ingegneria sanitaria - Palermo, 26-28 marzo 1953.

**Zusammenfassung.** — Es werden die Schutzsysteme für die im Gebrauch befindlichen unterirdischen Metallrohrleitungen untersucht, die von im Gelände verstreuten Strömen angegriffen werden, und ihre Anwendungsgebiete besprochen.

Es werden die Beobachtungen mitgeteilt, die an in Betrieb befindlichen Wasserleitungen gemacht wurden, deren Metallrohre durch verstreute Ströme angeätzt oder angegriffen wurden.

Schliesslich werden die Versuchsergebnisse über Verätzungen elektrochemischer Natur erläutert, die im Laboratorium erzielt wurden, um die Widerstandskraft metallischen Materials gegen die Angriffe festzustellen, sowie der Untersuchungen über besondere Schutzsysteme.

---

L'incremento subito in questi ultimi anni dalle ricerche scientifiche riguardanti la corrosione elettrochimica delle tubazioni metalliche interrate, i moderni mezzi di studio e la possibilità di valersi di osservazioni riguardanti gli impianti semidistrutti dalla guerra e quindi rinnovati, hanno permesso di indagare sul comportamento e sulla resistenza alla corrosione, dovuta a correnti disperse nei terreni, delle condotte metalliche interrate destinate alla adduzione di acqua e gas nei centri urbani, ai fini di una sempre migliore conoscenza delle caratteristiche di progetto e di esercizio per una adeguata scelta dei materiali e dei sistemi di protezione.

In un precedente lavoro <sup>(1)</sup> fu esaminato il fenomeno della corrente dispersa nel sottosuolo ed i sistemi in uso, protezione catodica, rivestimenti, ecc. per isolare dalla conseguente corrosione le tubazioni metalliche.

Nel presente lavoro sono esaminati e discussi i sistemi di protezione in uso e riportati i risultati di alcune osservazioni sperimentali relative a tubazioni metalliche soggette all'azione corrosiva di correnti disperse in terreni argillosi.

Queste ricerche, che tendono a contribuire ad uno sviluppo e ad un perfezionamento dei moderni sistemi di protezione, sono state effettuate su acquedotti funzionanti, e quindi in laboratorio, in condizioni ben determinate, pur non disconoscendo che la riproduzione dei fenomeni di corrosione può portare a degli insuccessi perchè nelle prove risultano discriminati gli aspetti qualitativi, spesso assai diversi da quelli che si riscontrano nella realtà.

---

<sup>(1)</sup> F. UGOLINI: « Protezione delle condotte dalle correnti disperse ». - Rendiconti Istituto Superiore di Sanità - Vol. XV, pag. 399-407.

## ANDAMENTO DELLE CORRENTI DISPERSE NEI TERRENI

E' noto che una corrente dispersa da un conduttore tende a passare in un altro conduttore ed a percorrerlo quando questo ultimo rappresenti un circuito di minor resistenza ohmica.

E' questo il caso delle correnti disperse nei terreni da impianti elettrici, ad esempio rotaie dei tram, cavi di ritorno ecc., che attraverso l'elettrolita suolo arrivano sulle condutture metalliche interrate, le percorrono e quindi le abbandonano quando trovano altri circuiti di minor resistenza. Nelle zone di abbandono, dove cioè le condotte sono anodiche rispetto al terreno, vi è corrosione del metallo.

## SISTEMI DI PROTEZIONE DELLE CONDOTTE CORROSE PER CORRENTI DISPERSE.

I sistemi di protezione delle condotte, per quanto risulti piuttosto arduo operare una classifica, possono realizzarsi come appresso.

1) Isolando tutte le condutture metalliche dal terreno mediante rivestimenti esterni.

2) Polarizzando artificialmente tutte le condotte, che devono risultare elettricamente continue, di modo che il loro potenziale risulti sempre catodico rispetto al terreno, in ogni punto (protezione catodica).

3) Facendo fuoriuscire le correnti dalle condutture metalliche elettricamente continue sempre in punti stabiliti, o collegando alle condotte speciali cavi metallici che fanno capo ad altri elementi metallici interrati dei quali è ammessa la distruzione per corrosione (anodi reattivi).

4) Impedendo che le condotte metalliche interrate risultino conduttrici o comunque che nel loro insieme costituiscano tratti elettricamente continui e di bassa resistenza al passaggio della corrente (adozione di giunti isolanti).

## CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI PROTEZIONE.

Discutendo brevemente i quattro sistemi di protezione si può osservare:

La moderna tecnologia di costruzione degli isolanti esterni o rivestimenti delle condotte garantisce per una loro efficienza e discreta durata (2).

---

(2) DALMINE: « Tubi per condotte di acqua e gas ». - Boll. n. 30.

— « Elementi per la posa delle tubazioni interrate in tubi di acciaio senza saldatura ». - Boll. n. 32.

— « Sull'impiego dei tubi di acciaio senza saldature negli acquedotti ».

E' però da tener presente che non è materialmente possibile mantenere isolate dal terreno tutte le condotte metalliche che costituiscono l'intera rete di distribuzione cittadina, condotte di spina, condotte di anello, ecc. Ad esempio, la sostituzione negli acquedotti delle vecchie condotte con nuove e rivestite avviene quasi sempre per una sola parte, nei tratti in genere più rovinati o di diametro insufficiente, ecc., ne risulta che nelle nuove condotte si inseriscono tutte le altre non isolate dal terreno e quindi adduttrici di corrente (3) (4). L'uso di tubazioni aventi buoni rivestimenti non è quindi sufficiente ad impedire che correnti disperse nei terreni entrino nelle condutture e le percorrano in relazione al relativo andamento dei potenziali elettrici dei terreni ed è sempre necessario che un tal genere di protezione sia integrata da uno dei tre sistemi di cui al punto 2, 3 e 4.

In merito a questi si può rilevare che ad oggi il sistema di protezione più studiato ed assai applicato all'estero e che ha già dato buoni risultati in casi pratici, malgrado risulti costoso per le spese di impianto ad esercizio, è il sistema di protezione catodica con impianti fissi (punto 2) (5) (6) (7).

Anche il sistema di protezione di cui al punto 3, benchè costoso nell'esercizio è, usato specie nel caso in cui i valori della corrente circolante nelle condotte siano piccoli e dove si possa disporre di numerosi anodi reattivi che necessariamente vanno controllati e sostituiti via via che si consumano. La protezione realizzata isolando mediante giunti speciali i singoli tratti di tubazioni che a loro volta sono esternamente rivestite, punto 4 e 1, presenta il vantaggio rispetto i precedenti sistemi di aumentare notevolmente la resistenza elettrica di tutto l'insieme delle condotte in modo che queste non rappresentino più, rispetto altri conduttori interrati, i circuiti di maggiore conducibilità. L'uso di giunti isolanti può ovviamente limitarsi a determinate zone o tratti di condotta, ad esempio anche all'innesto di condotte di spina non isolate su condotte dorsali isolate ed elettricamente continue. Naturalmente il giunto deve soddisfare oltrechè ai requisiti di un ottimo isolamento elettrico e non provocare corrosioni delle testate delle tubazioni, anche ad altri requisiti quali per

---

(3) SUDRABIN L. P., MARKS H. C.: « Protezione catodica dell'acciaio ».

(4) VERNON W. H. S.: « La corrosione dei metalli ».

(5) PEZZOTTA G., DONATI E.: « Tubazioni per metanodotti: caratteristiche e protezioni ».

(6) DONATI E.: « Attuali criteri di protezione delle tubazioni di acciaio interrate e bibliografia ».

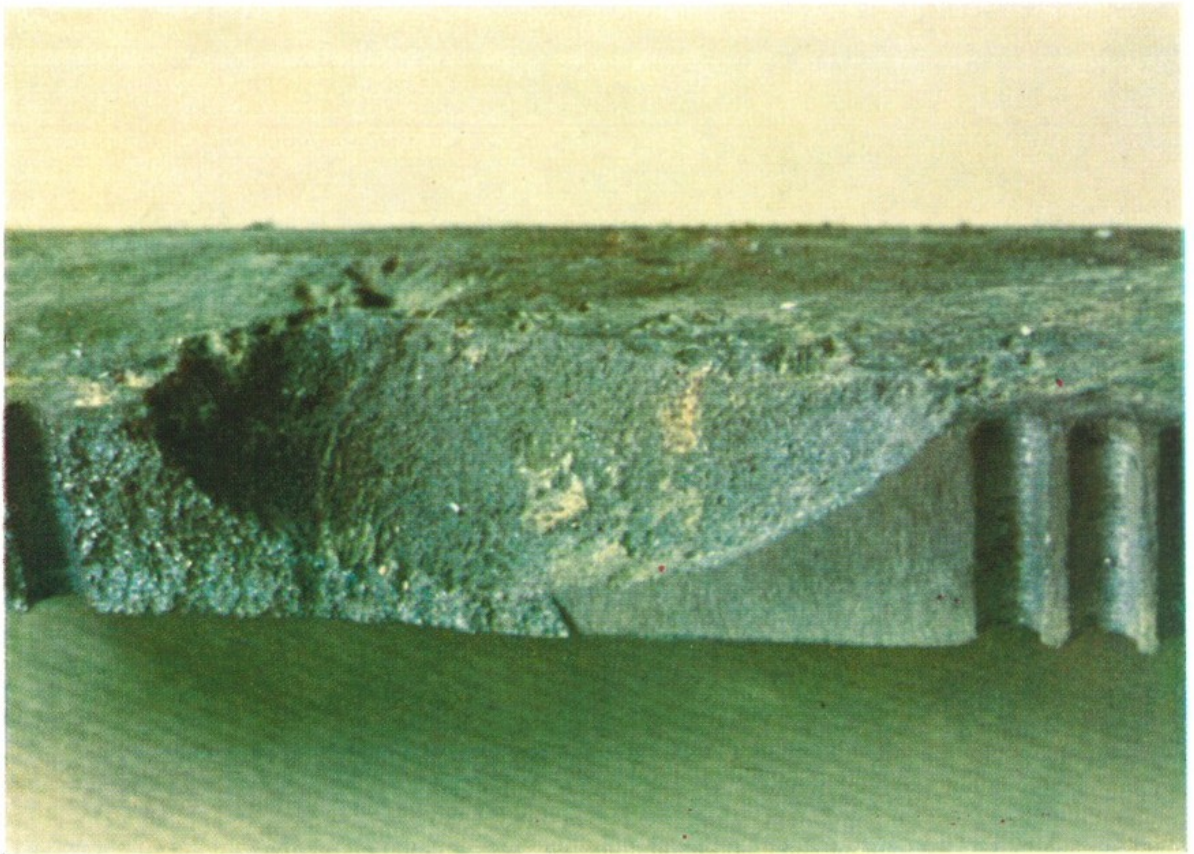
— Notizie di orientamento e dati sulla protezione catodica ».

« La protezione catodica delle tubazioni interrate ».

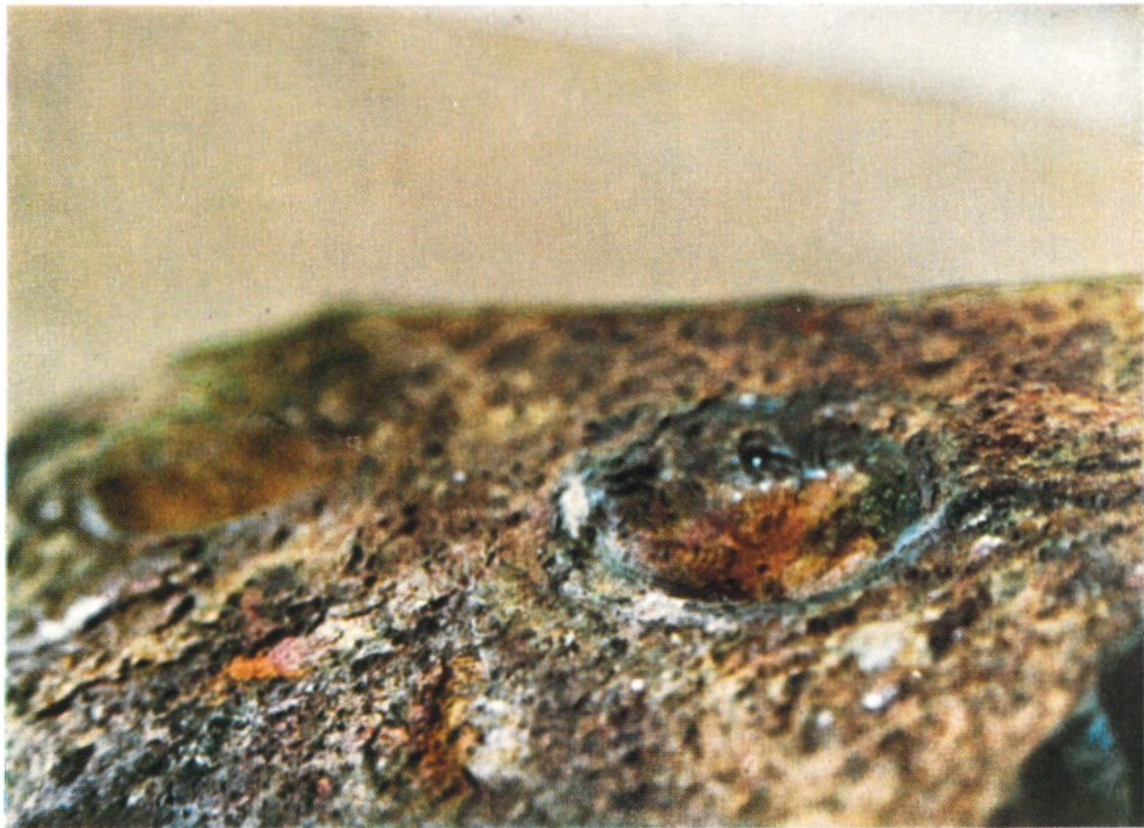
(7) COMPAGNIA ITALIANA WESTINGHOUSE: « Raddrizzatori Westinghouse per la protezione delle condutture interrate contro le corrosioni ».



*Fig. 1.* - Spezzone di tubazione di acciaio perforata da corrente dispersa in terreno argilloso.



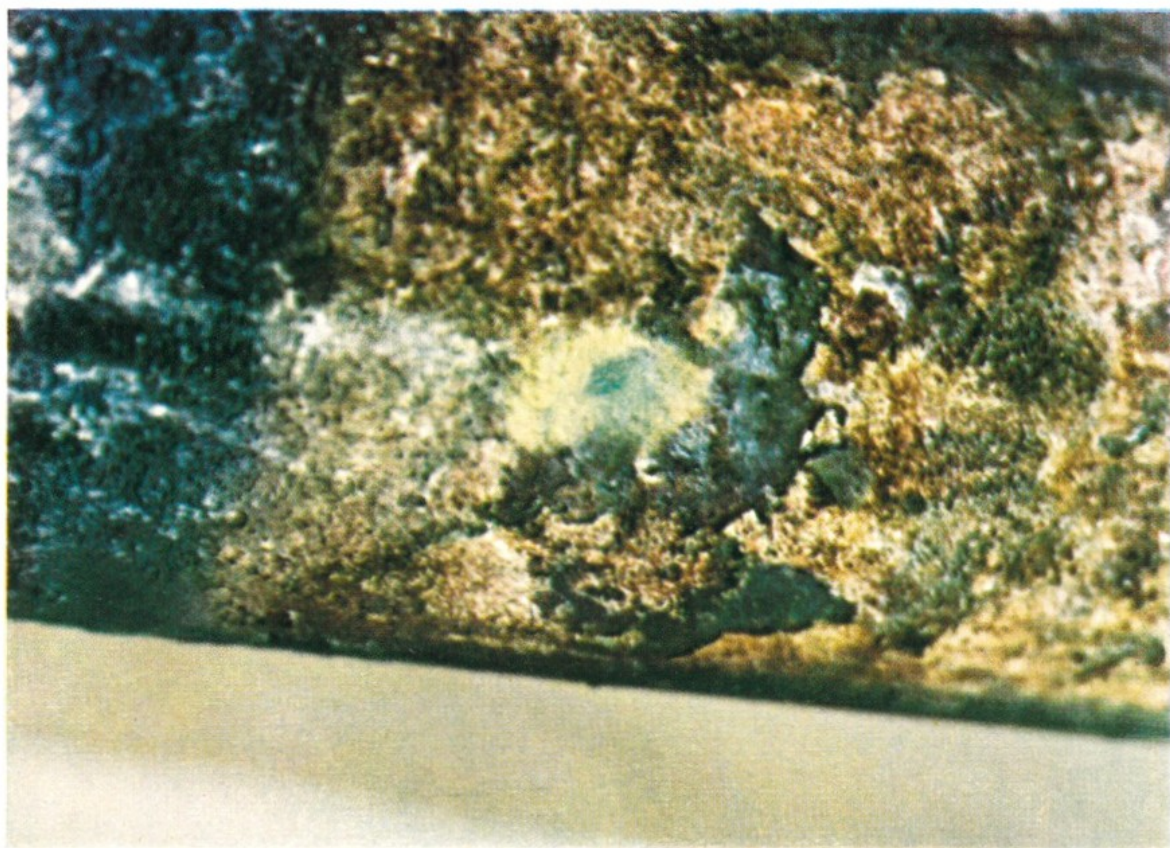
*Fig. 2.* - Sezione di tubazione in ghisa grafitizzata da corrente dispersa in terreno argilloso.



*Fig. 3. - Vista della tubazione di Fig. 2.*



*Fig. 4. - Zolla di argilla a contatto con la tubazione grafitizzata da corrente dispersa.*



*Fig. 5.* - Effetto di corrosione dovuta a corrente dispersa in terreno argilloso su tubazione in ghisa centrifugata.



*Fig. 6.* - Effetto distruttivo sulla pellicola catramata di rivestimento di una tubazione di ghisa dovuto ad eccesso di protezione catodica.

esempio la resistenza meccanica, la relativa elasticità, la durata, la facilità di applicazione a qualsiasi tipo di tubazione, la rapidità e semplicità di montaggio, il basso costo. L'uso di tali giunti fino ad oggi è stato poco esteso, data la difficoltà di disporre di giunti che effettivamente soddisfino alle caratteristiche sopra citate.

A questo proposito si informa che uno speciale tipo di giunto che sembra possedere le richiamate caratteristiche, da tempo ideato e realizzato nel laboratorio di Ingegneria dell'Istituto Superiore di Sanità, è ora in esperimento ed appena possibile ne saranno pubblicate le caratteristiche costruttive ed i risultati delle esperienze.

Sono invece di seguito riportate le risultanze delle osservazioni sperimentali, relative ai fenomeni di corrosione dovuta a correnti disperse in terreni argillosi per diversi tipi di tubazioni metalliche su acquedotti funzionanti, e quelle riguardanti la riproduzione di tali fenomeni in esperienze da laboratorio.

#### OSSERVAZIONI ESEGUITE SU TUBAZIONI METALLICHE DI ACQUEDOTTI IN TERRENI ARGILLOSI.

Il comportamento dei terreni è quello di raccogliere il materiale metallico solubilizzato ed il particolare stato derivante dalla corrosione elettrolitica, che dipende dalla umidità del terreno e dalla sua natura, ha posto in evidenza che terreni argillosi e salmastri si sono dimostrati particolarmente aggressivi per le tubazioni di ferro e di acciaio. Meno aggressivi per le tubazioni di ghisa, specialmente se queste ultime erano del tipo centrifugato. Terreni acidi, con presenza di anidride carbonica aggressiva hanno dato luogo ad un fenomeno di disintegrazione anche per tubi di cemento e cemento amianto (8) (9) (10).

Si è riscontrato che le porzioni di terreno a contatto con le zone anodiche delle tubazioni metalliche subiscono delle trasformazioni per periodi definiti di tempo, dovuti ad effetti elettrochimici cumulativi che modificano il fenomeno di corrosione nel tempo.

#### MATERIALI METALLICI COSTITUENTI LE CONDOTTE E RIVESTIMENTI.

Dall'esame di condotte di acciaio, di ghisa e di ghisa centrifugata, esposte alla corrosione elettrochimica in terreni argillosi, ne è risultato:

- 
- (8) HURST W. D.: « Impiego di tubi in cemento amianto per combattere la corrosione del terreno ».  
(9) SCIMENI E.: « Sulle condotte di cemento amianto Eternit di lungo servizio ».  
(10) BONDOLFI F.: « Tubi di ghisa, tubi di acciaio, tubi di cemento armato ».

Le tubazioni in acciaio del tipo Mannesmann nude sono soggette ad un'azione corrosiva pressochè uniforme su tutta la superficie. Le stesse tubazioni catramate, presentano una resistenza alla corrosione finchè la pellicola di rivestimento è continua, ma appena si generano delle screpolature le corrosioni si localizzano in questi punti con rapida distruzione della condotta e del rivestimento. I moderni rivestimenti con fasce di juta catramata avvolte a spirale, con miscele impermeabilizzanti e plastificanti, oppure con fibre imputrescibili di vetro e di amianto, hanno dimostrato di proteggere efficacemente le condotte fintantochè non si verificano delle fessurazioni, specialmente durante la posa in opera.

Le normali condotte in ghisa nude con struttura principalmente perlitica, con grafite lamellare, è stato osservato che vanno soggette al noto fenomeno di grafitizzazione.

I tubi di ghisa centrifugati presentano invece una migliore resistenza alla corrosione elettrochimica, sempre in terreno argilloso, e ciò si ritiene sia dovuto al tipo di struttura ledeburitica presente sulla superficie esterna dove il carbonio è per la quasi totalità combinato data l'alta velocità di solidificazione.

#### ESPERIENZE DI CORROSIONE ELETTROCHIMICA CONDOTTE IN LABORATORIO SU CONDOTTE METALLICHE A CONTATTO DI TERRENI ARGILLOSI.

In relazione alle osservazioni eseguite sulle tubazioni in opera di acquedotti in terreni argillosi ed alle corrosioni di natura elettrochimica dalle stesse subite, si è cercato di riprodurre in laboratorio i fenomeni di corrosione per i diversi materiali immersi in bagni elettrolitici di terreni argillosi.

I bagni erano formati da recipienti in vetro a sezione quadrata di cm.  $20 \times 20$  ed altezza di cm. 30 nei quali si preparavano le sospensioni e si immergevano quindi i due elettrodi il cui positivo era costituito da uno spezzone della tubazione metallica da esaminare ed il negativo da un elettrodo di carbone o da una lastra di ferro.

Il generatore di C.C. usato per le esperienze aveva le seguenti caratteristiche.

Tensioni di alimentazione 220 V. in c. a. 50 H .

Tensioni di uscita da 3 a 250 V. in c. c. con possibilità di regolazione su qualsiasi punto intermedio e dispositivo di autoregolazione della tensione in uscita in relazione a sbalzi della tensione di alimentazione.

Corrente di uscita da 0 a 10 amperes.

I risultati delle esperienze hanno convalidato le osservazioni eseguite sulle tubazioni corrose da correnti disperse in terreni argillosi e qui appresso si illustrano alcuni esempi.

Nella fig. 1 è rappresentato uno spezzone di tubazione di acciaio rivestito con juta catramata, nel quale è visibile l'effetto distruttivo della corrente sul rivestimento e la conseguente perforazione del tubo.

Nelle fig. 2 e 3 è rappresentato in sezione e vista uno spezzone di tubazione normale di ghisa con struttura principalmente perlitica, con grafite lamellare, nella quale si è riprodotto il fenomeno di grafitizzazione.

Nella fig. 4 è rappresentata la parte di argilla a contatto con lo spezzone di ghisa corrosa, annerita dagli ioni metallici passati in soluzione.

Nella fig. 5 è invece rappresentato uno spezzone di tubazione di ghisa centrifugata sottoposto alla stessa azione di corrosione elettrochimica cui è stata sottoposta la normale tubazione in ghisa e nella quale è invece visibile la maggiore resistenza alla corrosione della superficie di struttura ledeburitica.

Infine nella fig. 6 è rappresentato l'effetto distruttivo sulla pellicola catramata di rivestimento di una tubazione di acciaio la quale era stata resa eccessivamente catodica rispetto l'elettrolita al fine di controllare la resistenza di un tal genere di rivestimento.

E' risultato in tal modo confermato che una corrente catodica eccessiva può dar luogo alla formazione al catodo di basi che per osmosi fanno penetrare l'acqua sotto al rivestimento stesso.

Sono attualmente in corso delle esperienze di corrosione con correnti alternate delle quali saranno a suo tempo pubblicati i risultati.

## CONCLUSIONI.

In relazione alle osservazioni eseguite su reti di acquedotti che presentano danni per effetto delle corrosioni causate dalle correnti disperse nei terreni, ed ai successivi riscontri sperimentali ottenuti in laboratorio si può concludere che pur non potendosi in materia di protezione di reti idrauliche indicare precise norme, è senza dubbio necessario valutare attentamente tutti quei fattori che concorrono alla inevitabile distruzione nel tempo dei materiali metallici interrati.

Le osservazioni e le esperienze di laboratorio hanno purtroppo dimostrato che tutti i materiali metallici, chi in misura minore e chi in misura maggiore, ed i diversi rivestimenti, sono inesorabilmente attaccati e distrutti. Nè l'uso di un solo sistema di protezione può garantire sulla conservazione del materiale metallico.

In pratica infatti per salvaguardare l'efficienza di un buon rivestimento è necessario prevedere un sistema di protezione catodica, il che necessita a sua volta di una conduttura elettricamente continua nel suo insieme di tubi, e di un opportuno controllo delle correnti catodiche.

Per una completa protezione è però anche sentita la necessità di avere condutture non elettricamente continue e ciò per i noti motivi esposti e per i quali quando le tubazioni costituiscono nel loro insieme un circuito ad elevata resistenza non sono percorse dalle correnti disperse nei terreni. Un tale contributo si augura potrà essere apportato dall'uso degli speciali giunti isolanti in corso di sperimentazione.

E' quindi indubbio che una buona protezione non potrà essere garantita dall'adozione di uno solo dei citati sistemi, ma in relazione agli studi preliminari, atti a rilevare con la maggior precisione possibile l'andamento dei potenziali elettrici dei terreni, giornalieri e stagionali, la natura dei terreni, gli impianti elettrici che scaricano a terra, ecc., potranno essere valutati tutti quegli elementi che permetteranno di giudicare l'adozione multipla, e la eventuale preponderanza dei migliori sistemi di protezione per le condotte metalliche interrate soggette a corrosioni di natura elettrochimica.