Rivestimenti Anticorrosivi

Elio Rossi – Civardi srl

L'AUTORE

Elio Rossi – Civardi srl

APCE

APCE - Associazione per la Protezione dalle Corrosioni Elettrolitiche - è un'Associazione a carattere culturale - scientifico, senza finalità di lucro, fondata nel 1981 per coordinare tutte le azioni necessarie a proteggere le infrastrutture soggette a corrosione.

APCE è stata riconosciuta dall'Autorità per l'Energia Elettrica il Gas ed il sistema idrico come organismo tecnico competente per la definizione delle linee guida nel campo della protezione catodica di condotte metalliche adibite alla distribuzione (Deliberazione 574/2013/R/gas), al trasporto del gas naturale (Deliberazione 602/2013/R/gas), e alle flow line di collegamento degli impianti di stoccaggio del gas naturale (Deliberazione 596/2014/R/gas).

Tutte le immagini e le fotografie presenti in questo Focus sono state regolarmente acquistate su banche dati. Nel caso in cui l'autore ritenga che siano state violate le regole di copyright, è pregato di segnalarlo al seguente indirizzo: comunicazione@energiamedia.it

Progetto editoriale: Energia Media srl - Milano
www.energiamedia.it
Coordinamento editoriale: Emanuele Martinelli
Redazione: Martina Ginasi
Realizzazione grafica: Alice Ceccherini

©APCE - maggio 2023
©Energia Media Editore - maggio 2023

RIVESTIMENTI ANTICORROSIVI

Elio Rossi – Civardi srl

1. PROTEZIONE PASSIVA DI STRUTTURE METALLICHE INTERRATE

Il concetto di protezione passiva è legato all'attuazione di tutti i provvedimenti, sia in fase di progettazione che di realizzazione, che consentano di isolare le parti metalliche di una struttura dall'ambiente circostante.
L'ottimizzazione della protezione passiva comporta la riduzione sensibile dei rischi di corrosione e dei costi di realizzazione degli impianti di protezione catodica riducendone il fabbisogno.
Per separare il metallo dall'ambiente (terreno, acqua dolce, salata o salmastra), si ricorre a rivestimenti isolanti, costituiti da materiali adatti al caso specifico e di adeguata qualità; in questo focus parleremo dei materiali, delle loro caratteristiche, e del mondo normativo di riferimento.

2. PROPRIETÀ GENERALI DEI RIVESTIMENTI

Un rivestimento isolante, per poter assicurare con vantaggio ed in ogni situazione la protezione passiva di una struttura interrata, deve:

> fornire un efficace isolamento elettrico;

- costituire una efficace barriera contro umidità, vapor d'acqua ed ossigeno;
- essere applicabile con metodi affidabili e tali da non alterare le proprietà metalliche della struttura;
- possedere una buona resistenza al distacco per effetto della protezione catodica;
- presentare una buona e durevole aderenza, in un ampio campo di temperatura, alla superficie metallica;
- resistere ai possibili danni dovuti alla movimentazione, accatastamento e montaggio;
- resistere nel tempo alle sollecitazioni dell'ambiente;
- possedere una elevata e durevole resistività elettrica;
- essere riparabile con sistemi affidabili e semplici, applicabili anche in cantiere.

Utilizzando materiali che soddisfino il più possibile tali esigenze si ottengono risultati molto positivi dal punto di vista sia tecnico sia economico.
Tuttavia, i rivestimenti attualmente disponibili sul mercato non consentono di avere tutte le caratteristiche riunite in un unico prodotto; sarà pertanto compito del progettista scegliere il prodotto che più si adatta al caso specifico, ricorrendo ad un compromesso fra le diverse esigenze tecniche ed economiche.

3. SCELTA DEL RIVESTIMENTO

La scelta di un rivestimento deve essere eseguita tenendo conto delle condizioni in

cui si troverà durante la sua vita attiva.
Sarà pertanto necessario tenere presente:

> le caratteristiche della struttura da proteggere;
> il tipo di ambiente di posa;
> la presenza di campi elettrici esterni;
> l'accessibilità alla struttura da proteggere;
> la prossimità con altre strutture;
> la temperatura di esercizio;
> le condizioni ambientali durante l'applicazione, trasporto, conservazione, montaggio e collaudo idraulico;
> le condizioni di movimentazione ed accatastamento;
> la durata prevista della vita della struttura ed oneri di manutenzione.

Per quanto riguarda la valutazione economica sarà importante in tale fase considerare non soltanto il costo di acquisto del rivestimento ma anche gli oneri aggiuntivi dovuti ad eventuali trattamenti particolari che fosse necessario adottare durante il periodo che precede la posa o dopo la posa (letto di posa) per salvaguardare il rivestimento applicato; anche il costo delle riparazioni da eseguire in campo deve essere considerato attentamente in quanto per alcuni rivestimenti (bitume, nastri a freddo) incide in percentuale notevole sui costi finali.

4. RIVESTIMENTI DISPONIBILI SUL MERCATO

Sono attualmente disponibili sul mercato vari prodotti e sistemi per rivestimento, applicabili in adatti stabilimenti oppure in cantiere, sia a macchina che manualmente. Esistono anche prodotti specifici per l'esecuzione delle riparazioni.
I rivestimenti più utilizzati in Italia sono essenzialmente a base di:

> bitume applicato a caldo in stabilimento;
> poliolefine (polietilene e polipropilene) applicate per estrusione in stabilimento;
> nastri di poliolefine autoadesivi applicati in cantiere;
> resine termoindurenti applicate a macchina o a mano sotto forma liquida in stabilimento o in cantiere;
> prodotti termorestringenti per il rivestimento dei giunti di saldatura e per le riparazioni dei rivestimenti di poliolefine.

5. RIVESTIMENTI PER TUBI ED ALTRI ELEMENTI

5.1. I rivestimenti a base di bitume o catrame (UNI-ISO 5256)

Sono stati in passato fra i più utilizzati in Italia, con risultati generalmente soddisfacenti soprattutto per i tubi di piccolo diametro. Il bitume viene applicato fuso in stabilimento, in combinazione con uno o più tessuti di vetro di rinforzo.
Lo spessore risulta quindi di parecchi millimetri (da 3 a 7 8). Per incrementare la compattezza e la resistenza meccanica del rivestimento viene aggiunta al bitume fuso

una carica minerale inerte (filler). A causa principalmente della fragilità congenita del bitume alle basse temperature e della sua tendenza al rammollimento a temperature superiori ai 30 35°C, negli ultimi decenni questo rivestimento è stato progressivamente abbandonato in favore dei rivestimenti a base di polietilene, che mantengono inalterate le proprie caratteristiche nel tempo.

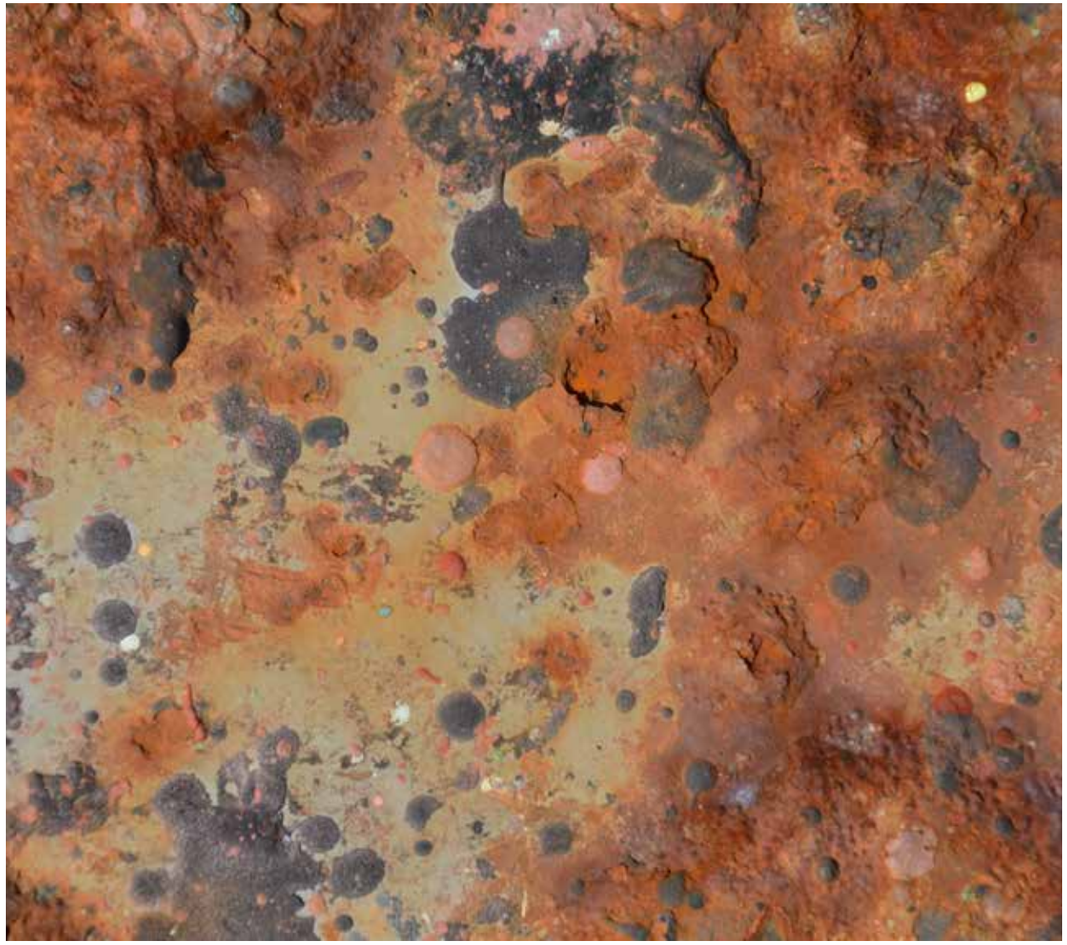
5.2. I rivestimenti a base di poliolefine (UNI EN ISO 21809-1) - polietilene e polipropilene

Sono stati sviluppati negli ultimi anni a livelli di qualità ottimali grazie alle tecnologie utilizzate per la realizzazione degli impianti fissi di stabilimento.

Le loro principali caratteristiche sono la resistenza meccanica, la resistenza alla sottocorrosione, la resistenza elettrica e la forte aderenza alle superfici metalliche in un campo di temperature molto più ampio di quello del bitume. Tali caratteristiche sono mantenute praticamente inalterate nel tempo.

Con questi rivestimenti vengono risolti quasi tutti i problemi dovuti all'esposizione all'irraggiamento solare, alla curvatura a freddo in cantiere, all'accatastamento, alla manipolazione alle basse ed alle alte temperature, nel campo da 40°C a +80°C, con ottimi valori di aderenza all'acciaio fino a + 80°C per il polietilene e + 100°C per il polipropilene.

L'applicazione avviene generalmente estrudendo uno strato di adesivo ed uno di poliolefina (mescola a bassa LDPE o alta densità HDPE), sopra ad uno strato di primer epossidico.



La composizione degli strati ha la funzione di massimizzare l'aderenza fra la mescola e la superficie metallica.
In relazione al diametro del tubo, lo spessore assume valori tipici varianti da circa 2 mm a circa 3,5 4 mm.
Le elevate prestazioni offerte dalle poliolefine consentono di posare condotte perfettamente isolate, ottenendo un risultato tecnicamente sicuro con una notevole riduzione dei costi di esercizio (manutenzione, eventuali rifacimenti, protezione catodica).

Esempio accatastamento tubi

5.3. I rivestimenti a base di resine termoindurenti liquide

Sono utilizzati normalmente per quelle parti non rivestibili con altri rivestimenti in stabilimento o su impianti fissi quali:

> pezzi a T
> curve prefabbricate
> giunti isolanti
> pezzi speciali
> tubi

In cantiere vengono inoltre utilizzate per rivestire le parti interrate degli impianti di linea ed i punti fuoriuscenti dal terreno.
Si tratta normalmente di resine a base epossidica, bicomponenti senza solventi, applicate a pennello o a spruzzo airless bimixer in spessori non inferiori a 1,5 mm.
Le caratteristiche di questi prodotti sono sostanzialmente buone, realizzando un compromesso fra un isolamento elettrico paragonabile a quello di rivestimenti in polietilene ed una soddisfacente resistenza meccanica con una relativa facilità di applicazione e riparazione, resistenza alle temperature di esercizio fino a circa 80 90°C, resistenza all'abrasione e penetrazione ed una ottima aderenza all'acciaio.

Apparato bimixer per resine epossidiche

6. PRODOTTI PER IL RIVESTIMENTO DEI GIUNTI DI SALDATURA

Con i rivestimenti applicati in stabilimento qualitativamente sempre migliori, i punti deboli del rivestimento della condotta sono quelli che vengono effettuati in campo sui giunti di saldatura e le riparazioni.
La ricerca dei materiali e le tecnologie di applicazione tendono verso un tipo di rivestimento che sia in tutto simile a quello applicato in stabilimento o con prestazioni molto vicine. Purtroppo però le condizioni ambientali non consentono di ottenere quei risultati che sono standard negli stabilimenti.
Di fondamentale importanza in questi casi, è la scrupolosità nell'effettuare le operazioni di rivestimento seguendo alla lettera le istruzioni di applicazione e le relative specifiche.
Una trascurata esecuzione delle operazioni ed il non rispetto dei parametri fondamentali (pulizia superficiale, temperatura di preriscaldamento, ecc.) o anche l'utilizzo di materiali non adatti alle effettive condizioni di esercizio, possono portare a problemi gravi quali la mancanza di aderenza, il distacco del rivestimento e conseguenti infiltrazioni di acqua e umidità.
Per ovviare a tali inconvenienti è quindi necessario analizzare accuratamente le condizioni precedentemente elencate e scegliere i rivestimenti più affidabili dal punto di vista applicativo e prestazionale.
È inoltre necessario che le operazioni di rivestimento in campo siano effettuate e controllate da personale qualificato.

6.1. I rivestimenti a base di nastri di poliolefine autoadesivi

Costituiscono una variante a quanto detto più sopra; la poliolefina viene prodotta sotto forma di nastro con uno o entrambi i lati adesivizzati con un apposito adesivo, formulato per aderire ad uno strato di primer applicato preventivamente all'acciaio.
L'applicazione può essere in campo manualmente, utilizzando le apposite avvolgitrici.
In effetti l'impiego tipico dei nastri a freddo è quello su tubi di piccolo e medio diametro negli eventuali rifacimenti di tratti in esercizio di rivestimento degradato o danneggiato. In tali zone le piccole dimensioni dei tratti così rivestiti non offrono grande superficie d'attrito al terreno e, di conseguenza, non si manifestano i tipici difetti dei nastri: grinze di lunghezza variabile, spesso piene d'acqua, in cui la presenza del nastro distaccato, anche se integro, non consente alla corrente di protezione di raggiungere il metallo. Tali condizioni sono le più adatte allo sviluppo di fenomeni corrosivi localizzati e concentrati.
I nastri a freddo non offrono grande resistenza al distacco catodico, aderenza all'acciaio e resistenza agli sforzi tangenziali esercitati dal terreno sia in fase di posa che di esercizio e richiedono inoltre attente cure durante l'applicazione.

6.2. I prodotti termorestringenti

Vengono utilizzati normalmente per il rivestimento dei giunti di saldatura, per rivestire in cantiere giunti isolanti e per sigillare l'intercapedine fra i tubi di protezione e la con-

dotta. Sono costituiti da un supporto di polietilene con un lato adesivizzato con un adatto mastice a base butilica, cristallina o semicristallina (elastomerica). Il supporto di polietilene si attiva quando viene sottoposto a riscaldamento, iniziando a retrarsi e costringendo il mastice, nel frattempo fuso, a fluire sulla superficie di acciaio ricoprendola uniformemente (costituendo lo strato di protezione anticorrosiva).
I tipi più diffusi di questi prodotti presentano una resistenza alla temperatura di esercizio fino a 50°C, una variabile resistenza al distacco catodico, una certa facilità di applicazione e una grande compatibilità con i rivestimenti più utilizzati.
I prodotti termorestringenti possono essere applicati su appositi primer, normalmente epossidici, allo scopo di incrementare la resistenza meccanica, alla temperatura, allo sforzo tangenziale ed alla corrosione.
Tipi di prodotti termorestringenti adatti ad alte temperature di esercizio (fino a 120°C) sono disponibili ma comportano più complesse operazioni di installazione.
Sono frequentemente utilizzati anche per l'esecuzione di riparazioni, in modo particolare su rivestimenti a base di polietilene o per raccordare rivestimenti di tipo diverso.

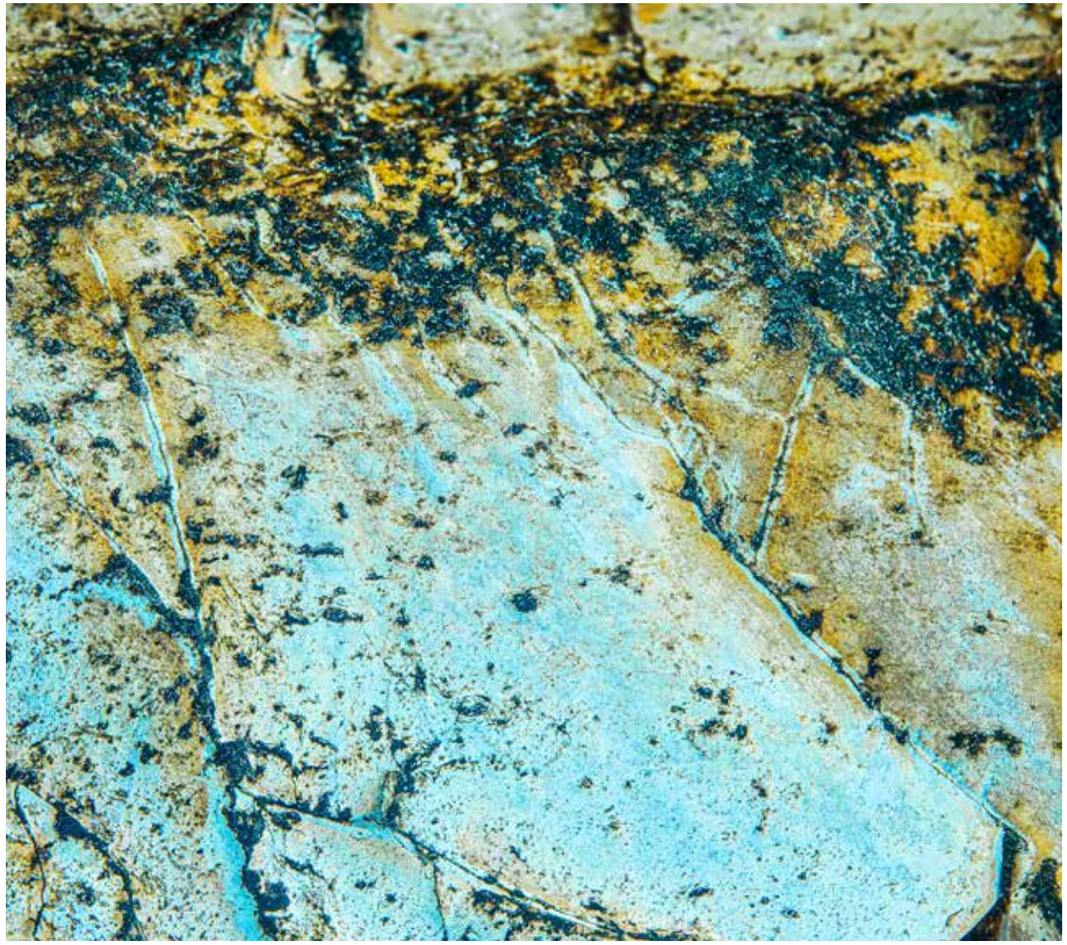
7. APPLICAZIONE DEI RIVESTIMENTI

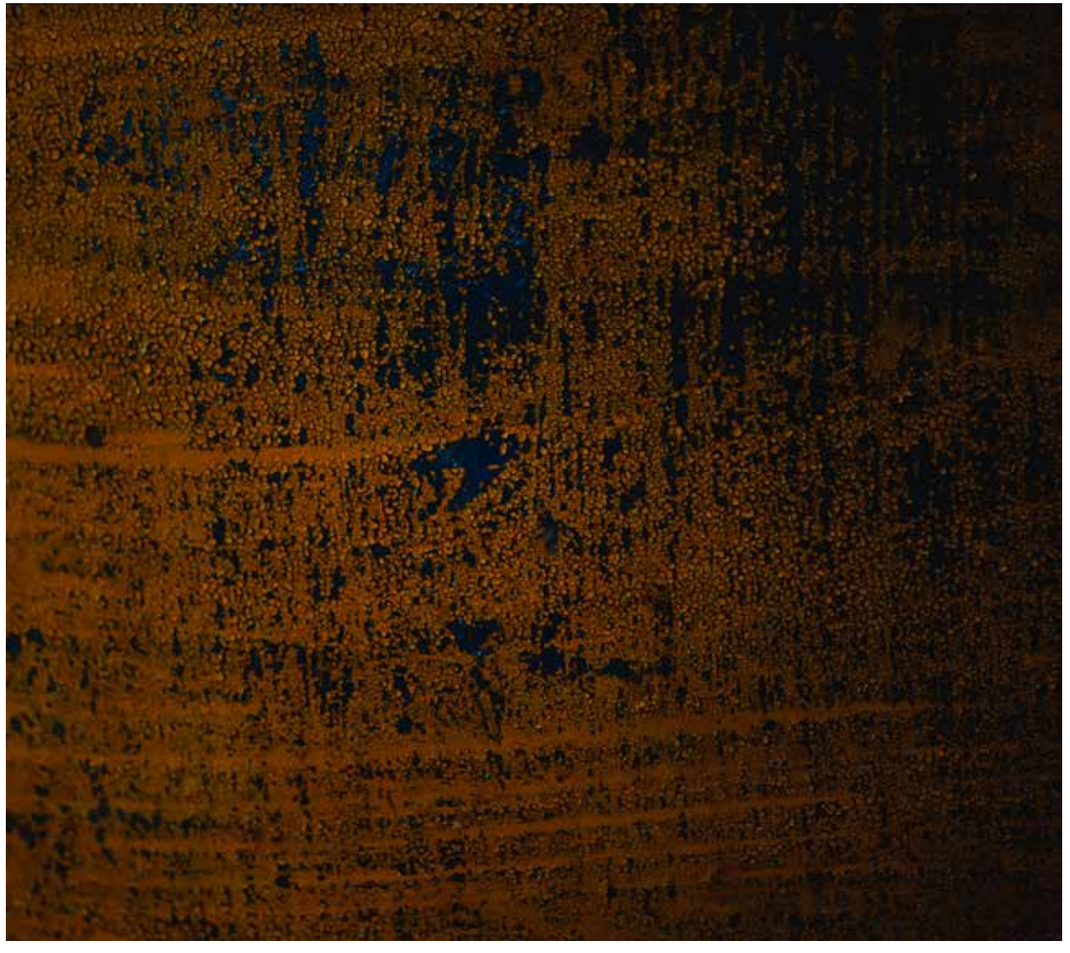
La principale attenzione in cantiere e stabilimento deve essere rivolta alle condizioni ambientali (temperatura e umidità) ed al livello della preparazione superficiale (grado di pulizia e rugosità).
La pulizia deve essere eseguita per proiezione di abrasivi selezionati, non contenenti

sali o altri inquinanti che possano causare nel tempo danni alle strutture metalliche.
Il grado di finitura minimo richiesto è Sa 2½ secondo la Norma ISO 8501/1 e il livello di rugosità della superficie deve consentire un ottimo ancoraggio del rivestimento all'acciaio pulito. La rugosità viene normalmente indicata con la scala Rz.
La pulizia delle superfici da rivestire mediante spazzolatura meccanica (al grado di finitura St 3) deve essere ridotta al minimo, praticamente alle sole zone in cui sia impossibile intervenire mediante proiezione di abrasivi.
L'applicazione del rivestimento deve avvenire su superfici asciutte e spolverate.
Durante l'applicazione di qualsivoglia tipo di rivestimento è sempre necessario seguire scrupolosamente le istruzioni del Fabbricante, rispettando i tempi e le temperature di applicazione e le condizioni ambientali limite (bassa o alta temperatura ambiente, umidità relativa).

8. PROVE E COLLAUDI

Durante la produzione dei rivestimenti in stabilimento devono essere eseguiti, da parte di personale adeguatamente qualificato, accurati controlli in tutte le varie fasi in cui si articola la produzione stessa. Solamente una presenza continua ed una osservazione attenta delle varie operazioni consente la rilevazione delle eventuali non conformità, ad esempio di pulizia superficiale, di riscaldamento del tubo o di lavorazione del prodotto da applicare.
Solo con controlli continui si può avere una ragionevole garanzia che il rivestimento





non presenti difetti occulti e non sistematici che le prove di collaudo finale spesso non sono in grado di rilevare.
I controlli che vengono normalmente eseguiti in stabilimento sono:

> controlli sui materiali da rivestimento prima dell'utilizzo;
> verifica del grado di pulizia e finitura delle superfici metalliche;
> eliminazione di eventuali difetti superficiali dell'acciaio;
> rilievo e registrazione dei parametri di produzione dell'impianto (velocità della linea, temperature del tubo, temperature dei materiali base, costituzione del rivestimento, raffreddamento, ecc;
> esame visivo del livello di finitura generale del rivestimento;
> prove e verifiche di spessore, aderenza, continuità di isolamento e altre prove richieste sul prodotto finito dalla procedura di collaudo.
> Le verifiche suddette sono da eseguirsi anche nel corso di applicazioni in cantiere; in tal caso i punti di maggiore attenzione dovranno essere l'esecuzione della pulizia, il controllo delle condizioni ambientali e le modalità di applicazione, oltre alle prove finali.

Le prove principali in cui si articola il collaudo di un rivestimento, sia in stabilimento che in cantiere, sono le seguenti:

> **misura dello spessore**, sia ad umido che a secco, secondo un piano di campionatura, mediante l'uso di appositi calibri dentellati per l'umido e di spessimetri magnetici o elettromagnetici per il secco.

Prima di ogni serie di misure con apparecchi elettromagnetici deve essere eseguita la calibrazione dello strumento.

> **prova di aderenza**, che si effettua con procedimenti diversi a seconda del tipo di rivestimento in esame.
Sui rivestimenti a base di nastri a freddo, poliolefine o fasce termorestringenti, si esegue una determinazione quantitativa dello sforzo necessario a distaccare un provino di rivestimento dal supporto. La prova si esegue, a distanza di un tempo stabilito dalla applicazione, utilizzando appositi dinamometri.
Anche per questi prodotti è importante l'osservazione diretta del tipo di distacco dal tubo ovvero del comportamento dello strato di aderenza: un distacco di tipo coesivo (con separazione nello spessore dello strato) è generalmente indice di buona aderenza.
In tutti i casi deve essere riscontrata la completa copertura del metallo da parte della protezione anticorrosiva (primer o mastice).
Sui rivestimenti a base di resine termoindurenti la prova si esegue praticando una incisione a X di circa 30° con un coltello a roncola e tentando di scalzare il rivestimento dal vertice. L'aderenza è accettabile se il rivestimento non si distacca dal tubo in grosse scaglie (più di 2 4 mm) o non si solleva.
Essendo la prova di aderenza una prova distruttiva, deve essere eseguita su campioni e le aree di prova devono essere subito riparate.

> **prova di continuità d'isolamento**, deve essere eseguita sul 100% delle su-

perfici rivestite, sia durante il collaudo in stabilimento che in cantiere; in campo la prova deve essere eseguita anche subito prima della messa in opera o posa della struttura.

Si esegue con appositi apparecchi denominati Holiday Detector o Apparecchio Cercafalle d'Isolamento, che producono impulsi elettrici ad alta tensione o un'alta tensione continua. Hanno la possibilità di variare la tensione di prova, generalmente nel campo da 2,5 kV a 30 kV.

Per l'utilizzo di tali apparecchi è importante lo stato delle batterie e che venga correttamente impostata la tensione di prova, allo scopo di adattare lo strumento al rivestimento da sottoporre alla prova.

Le tensioni di prova devono quindi essere impostate a partire dai seguenti valori:

- bitume — 10 kV per spessori da 3.5 mm in poi (ca. 3 kV/mm)
- polietilene estruso — 25 kV per tutti gli spessori
- nastri autoadesivi — 20 kV per tutti gli spessori
- fasce termorestringenti — 20 kV per tutti gli spessori
- resine termoindurenti — 15 kV (ca. 5 kV/mm)

> **verifica della durezza Shore D**. Lo strumento durometro consente di misurare la durezza dei rivestimenti, espressa in gradi Shore D, proporzionale al livello di reticolazione del prodotto.

Ogni tipo di resina correttamente applicata e reticolata, ha un valore caratteristico di durezza Shore D. Tale valore viene riportato nella scheda tecnica del prodotto.

Se il rinterro avviene quando la resina non ha ancora raggiunto la polimerizzazione completa, le caratteristiche anticorrosive del prodotto non sono garantite.

> **controllo visivo**. Il controllo visivo dei rivestimenti applicati consiste nella ricerca dei difetti di applicazione e dei danneggiamenti causati dalle attività di costruzione della struttura.
Una volta individuati, i punti in cui il rivestimento è difettoso devono essere riparati con materiali compatibili e adatti all'applicazione.

Test durezza eseguita con coltello a roncola

9. RIFERIMENTI NORMATIVI

Allo scopo di ottenere, dai Fabbricanti di materie prime, dagli Stabilimenti di rivestimento e dalle Imprese operanti in cantiere rivestimenti di qualità, è necessario fare riferimento a specifiche tecniche, ovvero a documenti opportunamente predisposti al fine di vincolare tutte le attività di realizzazione della protezione passiva a precisi criteri di esecuzione e di qualità.
La normativa deve precisare le caratteristiche dei materiali, le corrette metodologie di applicazione, i controlli in fase di realizzazione, i collaudi in fase di accettazione ed i requisiti minimi di accettabilità. In particolare è importante disporre di un piano di collaudo che definisca il tipo, le modalità e la frequenza dei controlli da effettuare.

La tabella seguente riporta i riferimenti normativi per i principali tipi di rivestimento normalizzati.

DENOMINAZIONE DEL TIPO DI RIVESTIMENTO	NORMA DI RIFERIMENTO
Bitume di petrolio	UNI ISO 5256
Polietilene e poliprolilene estruso, triplo strato	UNI EN ISO 21809-1
Nastri di polietilene autoadesivi, a tre strati (biadesivi)	EN 12068
Resine termoindurenti (liquide) epossidiche	ISO 10289
Resine termoindurenti (liquide) poliuretaniche	ISO 10290
Prodotti termorestringenti	UNI EN ISO 21809-3 EN 12068

ENERGIAMEDIA EDITORE