



*Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta"
Politecnico di Milano*

Piazza Leonardo da Vinci 32 - I-20133 MILANO (ITALY)

ESAME COMPARATIVO TRA TUBAZIONI DI SCARICO IN HDPE CORRUGATE E SPIRALATE RINFORZATE CON ACCIAIO:

CARATTERISTICHE E CAMPI DI APPLICAZIONE

R. Frassine

*Docente di Materiali Polimerici e Compositi
Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica
Politecnico di Milano*

1. SCOPO

Le tubazioni in polietilene corrugato sono largamente impiegate da molti decenni per la realizzazione di condotte di scarico non in pressione, grazie all'eccellente resistenza del materiale anche in ambienti particolarmente aggressivi e alla facilità ed economicità della posa.

Uno dei limiti principali che si è evidenziato in queste applicazioni è la maggiore deformabilità del tubo rispetto ad altri tipi di materiale (gres, cemento, acciaio, ecc.) che rende necessaria l'azione di supporto del terreno circostante per limitare le deformazioni e prevenire lo schiacciamento del tubo sotto i carichi esterni applicati. Questo fenomeno è in qualche misura aggravato dal fatto che il polietilene, come tutti i materiali plastici, ha un comportamento meccanico di tipo viscoelastico e quindi mostra sotto carico costante una deformazione progressivamente crescente nel tempo: questo fenomeno è comunemente denominato "creep" (si veda ad esempio [1-3]).

Per cercare di ovviare alle conseguenze di questo fenomeno, sono state introdotte sul mercato tubazioni corrugate "rinforzate" con una spirale d'acciaio: la presenza del metallo all'interno della struttura del tubo limita considerevolmente gli effetti di creep, analogamente a quanto avviene nel caso delle materie plastiche rinforzate con fibre (materiali compositi). La disposizione a spirale, inoltre, attenua l'effetto di singolarità geometrica dovuto alla presenza della corrugazione, in particolare per quanto riguarda l'azione di sollecitazioni flessionali.

Questo prodotto presenta caratteristiche significativamente diverse rispetto ad un tubo corrugato a doppia parete di tipo tradizionale; scopo della presente relazione è quello di evidenziare, attraverso un esame comparativo, le principali differenze tra i due prodotti e di dare indicazioni per la scelta in funzione dello specifico campo di applicazione.

2. STRUTTURA DEI PRODOTTI

Le tubazioni corrugate a doppia parete strutturate sono costituite da due strati di materiale coestruso, che vengono opportunamente sagomati all'uscita dalla testa di estrusione per assumere la configurazione geometrica mostrata schematicamente in Fig. 1.

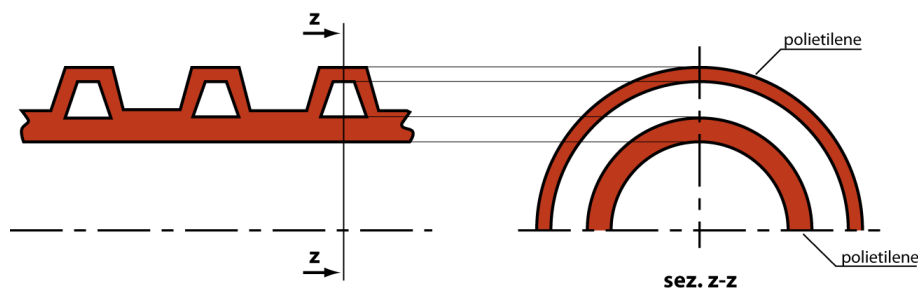


Figura 1: sezione di una tubazione corrugata a doppia parete (tipo B secondo EN 13476-3: 2007)

Le tubazioni rinforzate con una spirale metallica (che nel prosieguo, per semplicità, saranno indicate come “tubazioni spirale”) presentano un profilo di corrugazione simile ma una struttura interna molto diversa, in quanto tra i due strati di HDPE si interpone la spirale metallica stessa, come mostrato schematicamente in Fig. 2. Lo strato esterno, al quale compete la funzione di impartire rigidità alla struttura, risulta quindi “rinforzato” da questo elemento che è assente nel tubo corrugato tradizionale. Si può notare inoltre che, a causa della disposizione elicoidale del nastro d'acciaio, la sezione non presenta più una simmetria rotazionale nel piano trasversale all'asse del tubo: la differenza tra le due geometrie di corrugazione è più evidente nella vista laterale mostrata in Fig. 3.

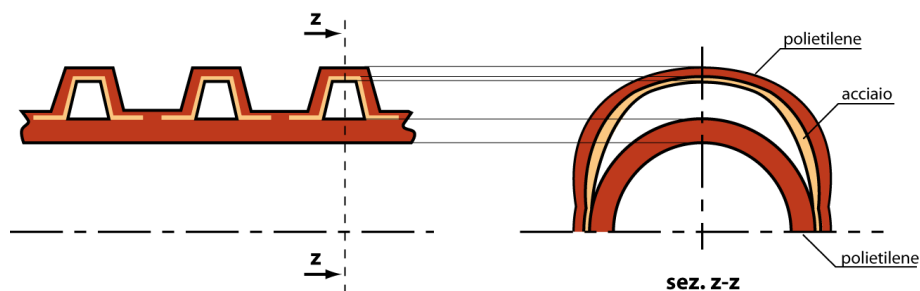


Figura 2: sezione di una tubazione spirale rinforzata con acciaio (tipo B secondo EN 13476-3: 2007)

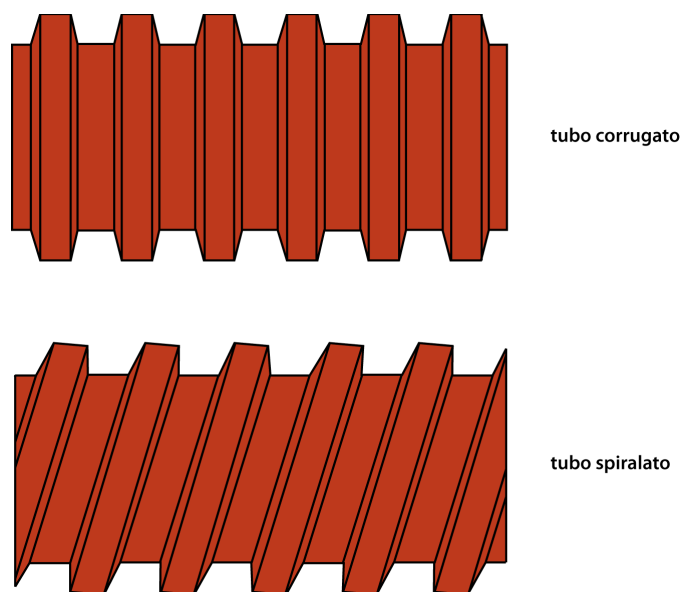


Figura 3: vista laterale dei due tipi di tubazione esaminati.

L'HDPE utilizzato per le due pareti può essere dello stesso tipo oppure di tipo diverso. In tutte le normative di prodotto, come ad esempio la EN 13476, sono presenti indicazioni precise riguardo alle caratteristiche minime dei materiali da utilizzare e sull'impiego di materiale riciclato; normalmente, è ammesso l'impiego degli scarti di produzione mentre sono imposte limitazioni all'impiego di materiale proveniente da scarti post-consumo. Le specifiche di prodotto per le tubazioni spirale di polietilene rinforzato con acciaio sono riportate nella UNI 11434:2012.

In entrambe le tubazioni, sia lo strato interno che lo strato esterno di HDPE svolgono funzioni importanti. Lo strato interno si trova infatti a diretto contatto con il fluido trasportato e deve quindi possedere adeguata resistenza chimica e meccanica, ad esempio agli urti e all'abrasione dovuta al particolato trasportato.

Lo strato esterno, nel caso delle tubazioni corrugate, impartisce alla struttura la necessaria resistenza ai carichi applicati. Nel caso delle tubazioni spiralmate, la qualità dell'HDPE deve garantire, oltre alle adeguate caratteristiche chimiche e meccaniche, anche una buona adesione con la spirale metallica; tale adesione viene di solito ottenuta attraverso l'applicazione di uno strato di "primer" sulla superficie del rinforzo metallico prima della produzione del tubo.

E' quindi essenziale che le caratteristiche dei materiali e le condizioni di estrusione siano attentamente verificate durante tutto il ciclo produttivo per assicurare la necessaria qualità dei prodotti.

3. COMPORTAMENTO MECCANICO DEI PRODOTTI

Come si è visto nel paragrafo precedente, la principale differenza tra i due tipi di tubazione risiede nella presenza, nel tubo spiralmato, di una spirale metallica presagomata interamente conglobata all'interno dei due strati di polietilene, che impartisce a questo prodotto una maggiore rigidità a parità di geometria esterna. Dal punto di vista meccanico, l'effetto è molto simile a quello che si ottiene introducendo fibre di rinforzo di vetro o di carbonio all'interno di materiali polimerici per ottenere i cosiddetti materiali "compositi". Attraverso la collaborazione tra i diversi tipi di materiale si ottiene un effetto di rinforzo del materiale polimerico, che ne modifica le caratteristiche meccaniche e le condizioni d'impiego.

L'incremento di prestazioni meccaniche si traduce in un risparmio di peso della tubazione a parità di caratteristiche prestazionali richieste. Ad esempio, una tubazione spiralmata di diametro 800 mm SN8 pesa circa il 15% in meno rispetto ad una corrispondente tubazione corrugata.

La presenza dell'acciaio, inoltre, riduce fortemente l'effetto di deformazione progressiva (creep) che si manifesta nelle tubazioni corrugate per effetto di un carico costante applicato in direzione radiale. In Fig. 4 sono mostrati i dati relativi a prove di deformazione sotto carico condotte su tubazioni a parità di diametro (800 mm) e di classe di rigidità anulare (SN 8): in queste prove è stato applicato un carico tale da imporre una deformazione iniziale y_0 pari al 3% del diametro iniziale per ciascuno dei due prodotti esaminati.

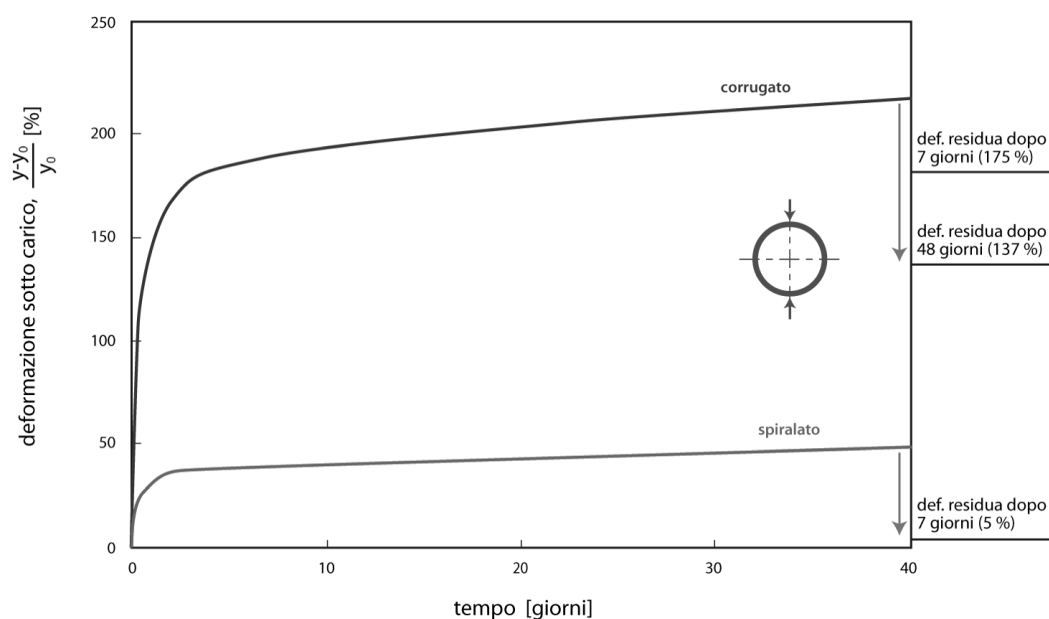


Figura 4: variazione percentuale della deformazione dovuta all'applicazione di un carico costante nel tempo e recupero della stessa dopo rimozione del carico per i due tipi di tubazione esaminata.

Si osserva che il fenomeno di creep è presente in entrambi i casi, ma per il tubo spiralato il valore di deformazione dopo 40 giorni di applicazione del carico è circa 4 volte inferiore. Entrambe le tubazioni recuperano parte della deformazione subito una volta rimosso il carico: il recupero dopo 48 giorni è pari a circa un terzo della deformazione totale nel caso della tubazione corrugata, mentre è praticamente completo nel caso della tubazione spiralata già dopo soli 7 giorni. Pur potendo continuare ad essere considerata una tubazione “deformabile”, cioè una tubazione meno rigida del terreno circostante, la tubazione spiralata risulta essere quindi più resistente all'ovalizzazione rispetto al tubo corrugato. Questa maggiore stabilità di forma rappresenta un vantaggio nelle operazioni di trasporto, stoccaggio e posa in opera.

Nel caso di utilizzo di tubo spiralato, tuttavia, si deve porre particolare attenzione al dimensionamento in fase di progettazione e alle procedure di posa in opera per evitare il rischio di un eventuale snervamento della spirale in acciaio, che può generarsi nel caso di deformazioni eccessive (in genere superiori al 5% del diametro iniziale). Tuttavia, anche in presenza di tale deformazione plastica, il polietilene può continuare a svolgere il suo ruolo essenziale di protezione nei confronti dell'acciaio e di trasporto dei fluidi all'interno della condotta in virtù della sua maggiore cedevolezza ed elevata deformabilità.

4. GIUNZIONI

Il comportamento meccanico delle giunzioni può presentare una particolare criticità per le tubazioni interrate, in quanto costituisce una singolarità geometrica. Tuttavia, poiché la geometria e le caratteristiche delle giunzioni possono essere molto diverse da produttore a produttore, è assai difficile dare indicazioni di carattere generale. Nel caso più frequente le giunzioni delle tubazioni di scarico non in pressione sono del tipo “a bicchiere”, nelle quali una delle due estremità del tubo il diametro interno è incrementato ad un valore superiore a quello del diametro esterno medio della tubazione, in modo da premetterne l'inserimento. Il

maggiore ingombro radiale dato dal bicchiere necessita di opportuni accorgimenti in fase di posa in opera per mantenere la rettilinearità della tubazione.

Nel caso delle tubazioni corrugate con bicchiere, quest'ultimo può essere ottenuto sia per termoformatura di una delle due estremità direttamente in linea di estrusione o per saldatura di un bicchiere preformato, di solito ottenuto per stampaggio ad iniezione. In entrambi i casi, la deformabilità e la resistenza alla fessurazione della zona di giunzione possono essere diverse da quelle della tubazione rettilinea e quindi devono essere attentamente valutate.

Nel caso delle tubazioni spiralate con bicchiere, il bicchiere è sempre ottenuto saldando un pezzo preformato ad una delle due estremità del tubo stesso. La soluzione ottimale è quella che prevede la presenza della spirale metallica anche all'interno del bicchiere preformato, in modo tale da rendere sia la rigidità che la resistenza radiali equivalenti o superiori a quelle della tubazione rettilinea, con possibili vantaggi anche in termini di tenuta ad un'eventuale sovrappressione interna.

5. DURABILITA'

Entrambi i tipi di tubazione presentano, in particolare per quanto riguarda lo strato interno, un'eccellente capacità di resistere al contatto con agenti chimici aggressivi e all'abrasione data dalle particelle solide trasportate dal fluido grazie alle caratteristiche intrinseche del polietilene. Per prevenire eventuali fenomeni di ossidazione nel polietilene è necessario verificare che il materiale sia adeguatamente protetto con additivi antiossidanti, soprattutto nel caso non si utilizzi il 100% di materiale vergine.

I materiali polimerici non richiedono nessuna protezione nei riguardi dei fenomeni di corrosione elettrochimica o per accoppiamento galvanico, in quanto non sono materiali conduttivi dal punto di vista elettrico. La spirale di rinforzo dei tubi spiralati può eventualmente andare soggetta a questi fenomeni soltanto nel caso di contatto diretto con i fluidi trasportati o presenti all'esterno della tubazione; tuttavia, la particolare tecnologia costruttiva e l'impiego del primer creano i presupposti per una perfetta adesione tra spirale metallica e polietilene che, prevenendo il contatto con l'acqua e il trasporto delle specie ioniche, ne inibisce la corrosione.

Per quanto riguarda infine il fenomeno della fessurazione sotto sforzo del polietilene (stress cracking) i dati disponibili per prove condotte secondo alcune normative (ad esempio ASTM F2306 o AASHTO M294) indicano che la resistenza delle tubazioni corrugate a questo tipo di danneggiamento è largamente superiore a 50 anni in normali condizioni di sollecitazione meccanica e temperatura. Non sono ad oggi disponibili dati di questo tipo per le tubazioni spiralate, ma è ragionevole ipotizzare che, in virtù dell'effetto di rinforzo dato dalla presenza della spirale metallica, lo stato di sollecitazione medio agente sul polietilene possa essere inferiore a quello presente nelle tubazioni corrugate; trascurando in prima approssimazione eventuali concentrazioni di sforzo dovute a particolari effetti geometrici, quindi, ci si può attendere che la loro vita utile sia paragonabile o superiore a quella delle tubazioni corrugate.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le tubazioni corrugate e le tubazioni spiralmate in HDPE presentano caratteristiche di durabilità, economicità di installazione e resistenza superiori a quelle dei materiali tradizionali. Le attrezzature richieste per la movimentazione, il taglio e la posa sono inoltre molto più semplici rispetto a quelle richieste con altri materiali.

Le tubazioni spiralmate presentano inoltre alcune caratteristiche aggiuntive che possono essere vantaggiose in termini di utilizzo. La maggiore leggerezza, la considerevole riduzione della tendenza all'ovalizzazione per applicazione di carichi radiali (creep) dovuta alla presenza della spirale d'acciaio, come pure la geometria delle giunzioni bicchierate semplificano le operazioni di posa e possono offrire migliori prestazioni in esercizio.

Per entrambi i tipi di tubazioni è disponibile la normativa di prodotto nazionale (per le tubazioni spiralmate, ad esempio, si fa riferimento alla UNI 11434:2012) che definisce completamente i materiali, la geometria e le caratteristiche fisico-meccaniche e prestazionali dei tubi. Per una completa informazione sulle caratteristiche di queste tubazioni si consiglia sempre e comunque di consultare anche i manuali forniti dai produttori e la letteratura disponibile, come ad esempio [4].

Nella tabella seguente sono riassunte le principali conclusioni che è possibile trarre dagli argomenti esposti nella presente relazione.

CARATTERISTICHE	TIPO DI TUBAZIONE	
	HDPE CORRUGATO	HDPE SPIRALATO
Resistenza al creep	★	★★
Recupero di forma*	★	★★★
Leggerezza	★★	★★★
Resistenza alla corrosione	★★★	★★★
Facilità di posa e di giunzione	★★★	★★★
Tenuta delle giunzioni	★★	★★★
Esperienza d'impiego	★★	★

Legenda: ★★★: ottima; ★★: buona; ★: scarsa

**: dopo applicazione di un carico radiale*

Riferimenti bibliografici

- [1] "Theory of Viscoelasticity: an Introduction" R.M. Christensen, Academic Press, London (1982).
- [2] "Viscoelasticity of Engineering Materials" Y.M. Haddad, Chapman & Hall, London (1995).
- [3] "Introduction to Polymer Viscoelasticity" M.T. Shaw and W.J. Macknight, Wiley, NJ (2005).
- [4] "Comportement mécanique des canalisations à parois ondulées Paladex de le Societé Palad" CSTB – Centre Scientifique et Technique du Batiment, Rapport d'essai 26004194 (Sept 2007).