

Quanto durano le tubazioni in PVC?

100 anni di vita utile per sistemi di tubazioni in pressione prodotti con PVC-U e PVC-Hi per fornitura di acqua e gas naturale.

4 ottobre 2019 15:51



TEPPFA e PVC4Pipes hanno redatto un documento per evidenziare la differenza tra progettazione con una durata anni e vita utile in opera prevista per sistemi di tubazioni in pressione. Sono stati analizzati tubi realizzati con PVC-U ("Unplasticized", ovvero non plastificato) e con PVC-Hi ("High impact", con l'aggiunta di opportuni additivi che ne aumenti resistenza agli urti e alle basse temperature).

Ricerche, studi e analisi su tubi dissotterrati, in servizio da anni, mostrano una minima degradazione delle prestazioni eseguiti su questi campioni confermano una durata prevista superiore a 100 anni.

Riferimenti progettuali per i tubi rispetto all'effettiva durata delle condotte

I riferimenti progettuali non devono essere confusi con la durata effettiva di un sistema di tubazioni in materiale plastico. In situazioni reali, la vita utile prevista è superiore ai 100 anni per queste principali motivazioni:

- La pressione reale all'interno del tubo per l'intera vita è inferiore rispetto alle prove di riferimento effettuate.
- Temperature reali inferiori nel terreno: il tubo interrato è a contatto con il terreno che è a temperature inferiori rispetto a quelle di riferimento per le prove.
- Le tolleranze previste dalle normative permettono di contemplare spessori anche superiori a quelli prodotti.
- Viene adottato un fattore di sicurezza che permette di garantire prestazioni maggiorate.

Basi progettuali dei sistemi di tubi in PVC a pressione

Gli standard ISO 9080¹ e ISO 12162² garantiscono 50 anni di vita utile su base progettuale e durata minima in esercizio di un sistema di tubazioni in pressione per il trasporto di acqua o gas. La ISO 9080 fornisce un metodo di estrapolazione per stimare il limite predittivo inferiore del 97,5% dello sforzo (σ_{LPL}) che un tubo termoplastico è in grado di sopportare per 50 anni a 20°C.

L'extrapolazione viene effettuata dai dati ottenuti attraverso test di pressione idrostatica fatti a diverse temperature secondo le ISO 1167-1³ e ISO 1167-2⁴.

La ISO 12162 stabilisce un sistema di classificazione e designazione per tubi termoplastici, basata



loro resistenza minima richiesta (MRS) derivante dal loro σ_{LPL} . Un tubo in PVC-U con un $25 \text{ MPa} \leq \sigma_{LPL}$ valore di sforzo di progetto σ_S dalla MRS e un coefficiente di progetto C ($\sigma_S = MRS/C$). Se non diversamente definito in uno specifico standard di prodotto, viene utilizzato un coefficiente minimo di progettazione ($C_{min} = 1,6$ per PVC-U, $C_{min} = 1,4$ per PVC-Hi). La norma di prodotto ISO 14525 definisce i requisiti specifici di un sistema di tubazioni in PVC-U liscia destinato alla fornitura di acqua in pressione nonché per acque reflue in pressione. La ISO stabilisce i requisiti generali per i compound di PVC-U utilizzati in questi sistemi. Qualunque sia la composizione, un compound deve raggiungere un σ_{LPL} corrispondente a una MRS di 25 MPa per tutti i tubi e raccordi. È consentita una MRS di 20 MPa per alcuni raccordi stampati ad iniezione. Se sia disponibile una consolidata esperienza di un compound con una MRS di 25 MPa, è possibile utilizzare un metodo di prova semplificato per verificare la conformità.

Il PVC-U viene utilizzato in sistemi idrici da oltre 80 anni ed è da sempre oggetto di accurati controlli da parte delle utilities in termini di prestazioni, affidabilità e manutenzione. La ISO 1452-1 al paragrafo 3.1.5.1. riconosce che “la ricerca sulla previsione delle prestazioni di lungo termine di sistemi in PVC per la distribuzione di acqua mostra una durata di almeno 100 anni”.

Da oltre 60 anni il PVC è il materiale di scelta preferito nei sistemi di distribuzione di gas a bassa pressione (30 e 100 mbar) in paesi europei come l'Olanda. Il PVC-U è stato utilizzato fino a quando è poi progressivamente sostituito dal PVC-Hi in quanto si pensava che il PVC-U non potesse essere in grado di mantenere un'elevata resistenza agli urti necessaria in caso di sollecitazioni esterne. Lo standard di prodotto ISO 6993-16 definisce i requisiti specifici per un sistema di tubazioni in PVC utilizzato per la fornitura di gas naturale. Il compound di PVC-Hi dovrebbe contenere almeno un certo peso di additivo e, qualunque sia la restante composizione del compound, il materiale estruso deve raggiungere un σ_{LPL} corrispondente a una MRS di 18 MPa come definito nella ISO 9080.

Studi sugli scavi dimostrano una vita utile in opera di oltre 100 anni



I primi tubi in PVC furono realizzati nel 1934 nell'area chimica di Bitterfeld (Germania). Questi tubi erano utilizzati in diverse applicazioni come tubi per acqua potabile, tubi trasparenti per contatto con alimenti (nei birrifici) e tubi industriali per laboratori chimici e negli impianti⁷. La prima installazione su larga scala con PVC ebbe luogo nel 1936 in Germania, in sistemi per la distribuzione di acqua potabile e di drenaggio a gravità in diverse aree residenziali (tra cui il Villa Olimpico di Berlino); la maggior parte di questi tubi è ancora oggi in servizio. I sistemi di tubazioni in PVC hanno già superato di gran lunga la vita utile prevista di 50 anni senza alcuna indicazione, nei dati statistici gestiti dalle utility, di guasti dovuti all'invecchiamento.

Ciò è confermato da numerosi rapporti sugli scavi che riportano le prestazioni meccaniche dei tubi a pressione in PVC-U e PVC-Hi posati in luoghi differenti e in servizio continui per decenni.

Nel 1985, Lancashire⁸ ha studiato tubi per il trasporto di acqua in PVC-U dissotterrati dopo 4-16 anni di servizio in UK e ha concluso che l'invecchiamento non era un fattore significativo che influenzava le prestazioni delle tubazioni. Verifiche di “stress analysis” hanno mostrato che tutti i tubi avrebbero superato una vita di 100 anni in normali condizioni operative.

Nel 1996, Alferink et al.⁹ hanno testato tubi in pressione in PVC-U estratti dalla rete idrica olandese anche 37 anni di vita utile. Da 19 campioni di tubo, si è concluso che non vi era praticamente alcun cambiamento nelle loro proprietà meccaniche a causa dell'invecchiamento. Conclusero che i veri problemi in PVC-U in pressione per l'acqua soddisfacevano ancora i requisiti funzionali più importanti.

Nel 2001, Stahmer et al.¹⁰ hanno effettuato test meccanici, secondo gli standard australiani, su tubi per l'acqua estratti dopo 25 anni di utilizzo in differenti terreni e condizioni di installazione. Poiché i tubi erano gli stessi previsti per i nuovi tubi testati al momento della produzione, non è stato rilevato alcun peggioramento nella resistenza o allungamento a rottura del materiale PVC-U. Le prestazioni di fine vita del sistema dipendevano quindi da qualità, gestione e installazione iniziali del tubo.

Nel 2004, Hülsmann et al.¹¹ hanno riferito di test su alcuni dei primi tubi per acqua in PVC-U installati in Germania. Una serie di test hanno esaminato 24 campioni di tubo dissotterrati dopo 23 e 53 anni di servizio. Dai test di pressione idrostatica a lungo termine a 60°C, hanno concluso che si poteva prevedere altri 100 anni di operatività sicura in condizioni realistiche con una pressione dell'acqua di 10 bar.

Nel 2005, Boersma et al.¹² hanno esaminato l'invecchiamento chimico e fisico di tubazioni per acqua potabile in PVC-U. Hanno concluso che l'invecchiamento chimico e fisico a 15°C non aveva alcuna influenza significativa sulla qualità dei tubi di distribuzione dell'acqua in PVC-U. L'invecchiamento era trascurabile poiché i tubi contenevano sufficiente stabilizzante che non aveva reagito. La resistenza allo snervamento misurata su tubi in servizio fino a 30 anni non ha mostrato alcun cambiamento dei tubi. Hanno anche testato i tubi in PVC-U per stress analysis, lenta propagazione della crepa, resistenza a fatica e hanno concluso che la durata dei tubi a pressione in PVC-U, prodotti con le procedure di controllo qualità normalmente utilizzate in Europa, avrebbe dovuto superare i 100 anni. L'invecchiamento fisico in tubi adeguatamente gelificati porta a una riduzione marginale della resistenza alla crescita lenta delle crepe.

Nel 2005, Burns et al.¹³ hanno rivisto i metodi per analizzare la durata prevista delle tubazioni per acqua in PVC-U. Sono stati prodotti modelli basati sulla meccanica della frattura per prevedere le condizioni in cui si verificasse il guasto del tubo in servizio. Questi modelli sono stati calibrati rispetto ai tassi di guasto registrati in un numero di utility nordamericane e australiane. Hanno concluso che 100 anni erano una stima prudente per un tubo progettato e installato correttamente.

Nel 2006 Breen¹⁴ ha studiato cinque campioni di tubo per acqua estratti dopo un utilizzo che andava da 6 ai 42 anni. Ha eseguito test di invecchiamento chimico e fisico sul PVC-U insieme a prove di rottura, di scoppio, crescita lenta delle crepe, prove d'urto e misurazioni di resistenza a fatica. Ha concluso che i sistemi di tubazioni per acqua da rubinetto in PVC-U esistenti in Olanda avrebbero funzionato per almeno 100 anni a condizione che i carichi interni ed esterni non avessero provocato sollecitazioni sul tubo superiori a 12,5 MPa e che non ci fossero micro-crepe o danni meccanici nei tubi in PVC-U.

Nel 2008 Hermkens et al.¹⁵ hanno riportato i risultati di test effettuati su tubi in PVC-U per acqua potabile estratti dalla rete di fornitura olandese dopo un periodo di utilizzo fino a 50 anni. Le prove d'urto hanno evidenziato una riduzione significativa della resistenza agli urti rispetto al tempo di utilizzo. È stato dimostrato che la resistenza agli urti dei tubi in PVC-U in uso da molti anni dipendeva principalmente dalla qualità iniziale in fase di produzione del tubo.

Nel 2014 Folkman¹⁶ ha riferito di test di controllo qualità su 8 tubi per acqua in PVC-U in servizio.

tra 20 a 49 anni. I test standardizzati includevano dimensioni dei tubi, immersione in acetone, prova di scoppio e test di integrità idrostatica. Campioni di tubo testati con successo dopo 49 anni di servizio avevano già precedentemente superato tutti i test di controllo qualità dopo 22 anni di servizio. Ciò ha dimostrato l'immutata capacità di questo tubo di qualità a pressione in PVC-U di essere performante anche dopo mezzo secolo.

Nel 2016 Weller et al.¹⁷ hanno riportato i risultati ottenuti con una migliorata prova d'urto su 103 PVC-U e PVC-Hi estratti dalla rete di fornitura del gas olandese dopo oltre 50 anni di servizio. I tubi PVC-Hi installati dopo il 1973 hanno dimostrato in media una migliore resistenza all'impatto rispetto ai primi tubi in PVC-U installati negli anni '60. Tuttavia, si è concluso che i tubi in PVC-U meglio performanti installati nei primi anni '70 avevano una resistenza agli urti almeno pari a quella di un tubo in PVC-U medio.

In tutti i tubi in pressione testati negli studi sopra riportati sono state impiegate resine di PVC simil-K nell'intervallo 66-68). Al contrario le tipologie di stabilizzanti utilizzati differivano a seconda della regione.

I risultati uniformi sopra riportati, raggiunti in tutte le regioni, dimostrano che è possibile ottenere un servizio affidabile superiore a 100 anni indipendentemente dallo stabilizzante impiegato. Garantire un livello di gelificazione ottimale è il fattore di qualità iniziale del tubo più importante per ottenere un equilibrio ottimale delle prestazioni meccaniche di lungo termine. Il livello di gelificazione può essere valutato qualitativamente mediante il Test di Diclorometano (ISO 9852¹⁸) o mediante i metodi indiretti DSC (ISO 18373-1¹⁹ e ISO 18373-2²⁰).

Riferimenti bibliografici

1 EN ISO 9080 "Plastics piping and ducting systems-Determination of the long-term hydrostatic strength of thermoplastics materials in pipe form by extrapolation".

2 EN ISO 12162 "Thermoplastics materials for pipes and fittings for pressure applications-Classification, designation and design coefficient".

3 EN ISO 1167-1 "Thermoplastics pipes, fittings for the conveyance of fluids-Determination of the resistance to internal pressure-Part 1: General Method".

4 EN ISO 1167-2 "Thermoplastics pipes, fittings for the conveyance of fluids-Determination of the resistance to internal pressure-Part 2: Preparation of pipe test pieces".

5 EN ISO 1452-serie "Plastics piping systems for water supply and for buried and above-ground and sewerage under pressure-Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U)".

6 ISO 6993-1 "Buried, high-impact poly(vinyl chloride) (PVC-HI) piping systems for the supply of fuels --Part 1: Pipes for a maximum operating pressure of 1 bar (100 kPa)".

7 Nowack, R.E. et al., "60 Jahre Erfahrungen mit Rohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U)", KRV Nachrichten 1/95, 1995.

8 Lancashire, S.J., "In-Service Durability of uPVC Water Mains," Plastics Pipes VI Conference, Manchester, 1985. <https://pvc4pipes.com/wp-content/uploads/2018/02/In-Service-Durability-of-uPVC-Water-Mains-Lancashire-PPVI-1985.pdf>

9 Alferink, F., Janson, L. E., Holloway, L., "Old PVC-U Water Pressure Pipes: Investigation into Long-Term Performance and Durability," PVC 1996 Conference Proceedings, 42C382 Institute of Materials, Brighton, England, April 1996, pp. 87-96.

<https://pvc4pipes.com/wp-content/uploads/2018/02/Old-PVC-U-Water-Pressure-Pipes-Design-D-Alferink-Jansen-Holloway-PVC96.pdf>

10 Stahmer, M.W., Whittle, A.J., "Long Term Performance of PVC Pressure Pipes in a Large Ru Supply Scheme," Plastics Pipes XI Conference, Munich, Germany, September 2001.

<https://pvc4pipes.com/wp-content/uploads/2018/02/Long-Term-Performance-of-PVC-Pressure-F-Stahmer-Whittle-PPXI-2001.pdf>

11 Hülsmann, T., R.E. Nowack, "70 years of experience with PVC Pipes," Plastics Pipes XII Cor Milan, Italy, April 2004.

<https://pvc4pipes.com/wp-content/uploads/2018/02/70-years-of-experience-with-pvc-pipes.pdf>

12 Boersma, A., Breen, J., "Long term performance prediction of existing PVC water distribution systems," 9th International Conference PVC, Brighton, England, April 2005.

<https://pvc4pipes.com/wp-content/uploads/2018/02/Long-term-performance-of-existing-PVC-wat-distribution-systems.pdf>

13 Burn, S., Davis, P., Shiller, T., Tiganis, B., Tjandraatmadja, G., Cardy, M., Gould, S., Sadler, Whittle, A.J., "Long-term Performance Prediction for PVC Pipes," AWWARF Report 91092F, Ma

14 Breen, J., "Expected Lifetime of Existing Water Distribution Systems - Management Summary Report MT-RAP-06-18692/mso, published by TNO Science and Industry, April 2006.

<https://pvc4pipes.com/wp-content/uploads/2018/02/Expected-lifetime-of-existing-water-distributic-systems-TNO-Report-RAP-06-18693.pdf>

15 Hermkens, R., Wolters, M., Weller, J., Visser, R., "PVC Pipes in Gas Distribution: Still Going : Plastics Pipes XIV Conference, Budapest, Hungary, September 2008.

<pvc4pipes.com/wp-content/uploads/2018/02/PVC-Pipes-in-Gas-Distribution-Still-Going-Strong-H-PPXIV-2008.pdf>

16 Folkman, S., "Validation of the Long Life of PVC Pipes," Plastics Pipes XVII Conference, Chic USA, September 2014.

17 Weller, S., Hermkens, R., van der Stok, E., "The Remaining Quality of the PVC Gas Grid- Re 10 Years of Ongoing Research," Plastics Pipes XVIII Conference, Berlin, Germany, September : <http://www.plasticpipesconference.com/content/263/296/5c86661eaa2b7.pdf>

18 ISO 9852:2007 "Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) pipes -- Dichloromethane resistan specified temperature (DCMT) -- Test method".

19 ISO 18373-1:2007 "Rigid PVC pipes --Differential scanning calorimetry (DSC) method --Part Measurement of the processing temperature".

20 ISO 18373-2:2008 "Rigid PVC pipes --Differential scanning calorimetry (DSC) method --Part : Measurement of the enthalpy of fusion of crystallites".

Position paper TEPPFA / PVC4Pipes - Documento tradotto e integrato a cura del PVC Forum Ita TEPPFA (www.teppfa.eu) è stata fondata nel 1991 a Bruxelles ed è l'associazione di categoria p l'industria dei tubi e raccordi di plastica in Europa. Attraverso membri diretti e associazioni nazion rappresentiamo più di 400 produttori di sistemi di tubazioni in plastica e annoveriamo tra i memb produttori di resine.

PVC4Pipes (www.pvc4pipes.com) è la piattaforma della filiera di ECVM creata per promuovere c

e utilizzo del PVC nei sistemi di tubazioni attraverso progetti tecnici, opportune attività di standardizzazione, normative e di comunicazione. I nostri partner provengono da tutta la filiera: | di materie prime – PVC resina e additivi – e produttori della vasta gamma di tubi e raccordi in PV disponibili oggi sul mercato, nonché istituti tecnologici e associazioni di categoria.

Gruppo Tubi e Raccordi di PVC Forum Italia (pvcforum.it/tubi-pvc/) è costituito da aziende di set associate al PVC Forum Italia, associazione nata nel 1996 per riunire le principali aziende di pro compoundazione e trasformazione del PVC, i produttori di additivi e anche di macchine trasform principale obiettivo del Gruppo è creare una nuova “cultura della qualità” per tubi e raccordi in P prodotti in conformità alle norme UNI EN 1329, 1401 e 1452 e quindi sicuri, durevoli e riciclabili.

© Polimerica - Riproduzione riservata