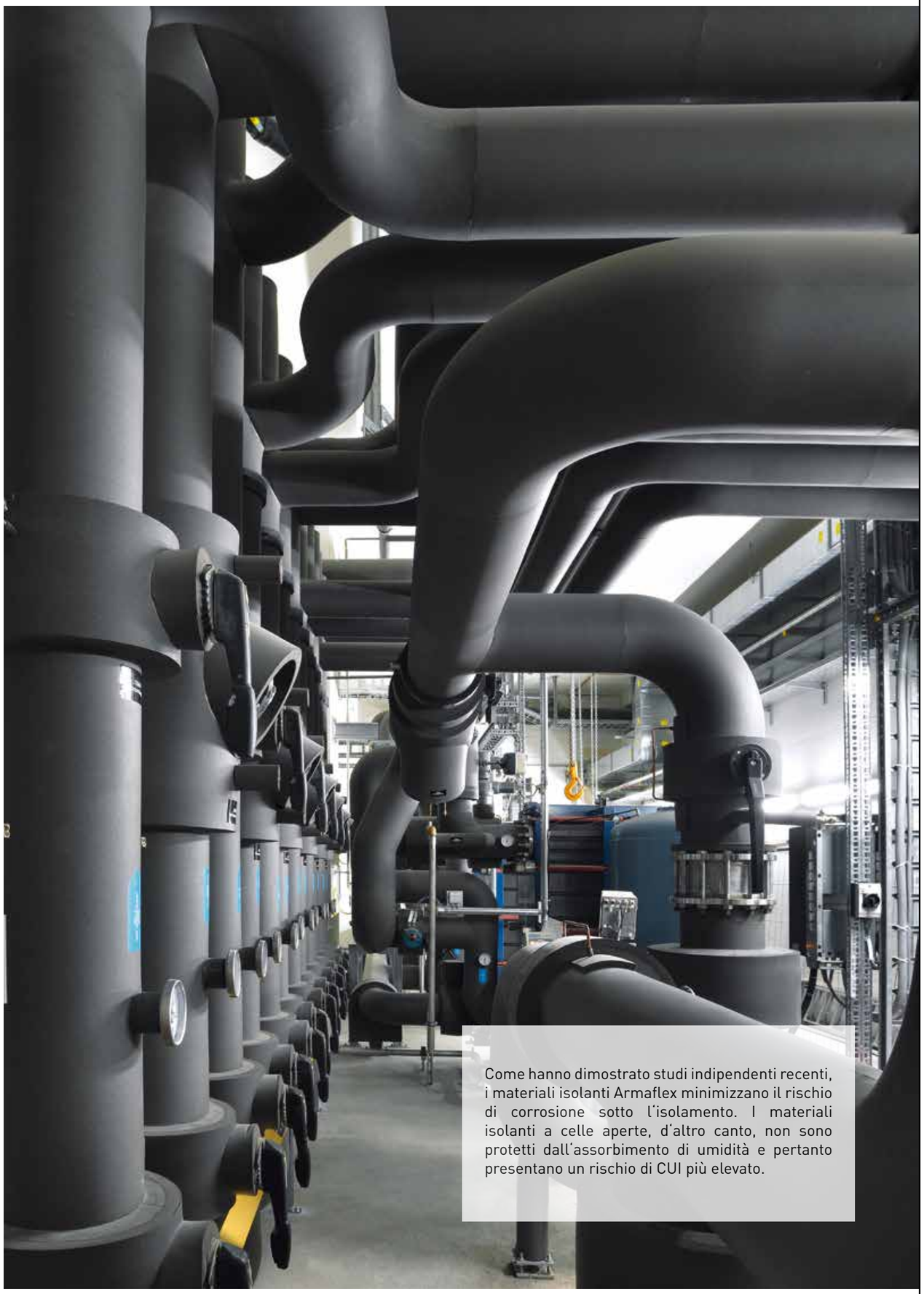
KNOW-HOW

Caratteristiche qualitative dei materiali isolanti tecnici:

Rischio di corrosione sotto isolamento (CUI)

armacell®

MAKING A DIFFERENCE AROUND THE WORLD



Come hanno dimostrato studi indipendenti recenti, i materiali isolanti Armaflex minimizzano il rischio di corrosione sotto l'isolamento. I materiali isolanti a celle aperte, d'altro canto, non sono protetti dall'assorbimento di umidità e pertanto presentano un rischio di CUI più elevato.

LA RUGGINE È SEMPRE IN AGGUATO

Circa il 40% della produzione globale di acciaio viene usato per sostituire parti distrutte dalla corrosione. Ogni anno i danni da corrosione gravano sull'economia per 2,5 trilioni di dollari, una cifra pari al 3% del PIL globale. La corrosione sotto isolamento (CUI) è particolarmente insidiosa perché viene spesso notata solo quando il danno si è già esteso notevolmente. Perciò, quando si sceglie un materiale isolante, la domanda fondamentale che ci si deve porre è come questo possa proteggere adeguatamente le apparecchiature dalla corrosione.

La corrosione sotto isolamento costa miliardi all'economica globale

La lotta contro la ruggine si combatte da oltre 3000 anni e non sembra avere fine per il momento. Quando l'uomo ha imparato a fondere il minerale di ferro, ha scoperto un materiale molto diffuso che ha ben presto rimpiazzato il più impegnativo bronzo. Il ferro è tuttora una delle materie prime più importanti dell'economia globale. Quando viene esposto all'acqua o all'umidità, si ossida, proprio perché viene a contatto con l'ossigeno. A differenza dello strato di ossido di cromo, alluminio o zinco, il prodotto della corrosione (ruggine) è poroso. Il metallo decomponendosi diventa sempre più fragile e, a causa del maggiore volume, può sfaldarsi fino a distruggersi del tutto. L'erosione dei materiali ferrosi che si trasforma in ruggine causa ogni anno danni calcolati in miliardi di euro. Ogni anno, la corrosione consuma dal 3 al 4% circa della produzione economica - nella sola Germania genera costi pari a circa 70 miliardi di Euro.

2.5
trilioni di dollari USA di danni

40 %
della produzione globale di ferro è usata per riparazioni di materiale distrutto

Il 45% circa dei costi - ovvero 1 trilione circa di dollari - riguarda l'industria petrolifera, petrolchimica e del gas. Secondo uno studio svolto dalla società statunitense ExxonMobil Chemical Company, dal 40 al 60% dei costi di manutenzione delle tubature è ascrivibile alla corrosione sotto isolamento (CUI). Senza poi considerare i costi indiretti generati dall'inattività degli impianti. Gli esperti dell'industria petrolifera ipotizzano che la CUI costituisca la causa principale dei guasti imprevisti degli impianti, responsabile di tempi di inattività maggiori rispetto a tutte le altre cause messe insieme. In casi estremi, le perdite dovute a corrosione possono persino causare incendi o esplosioni, con conseguenti rischi per l'uomo.

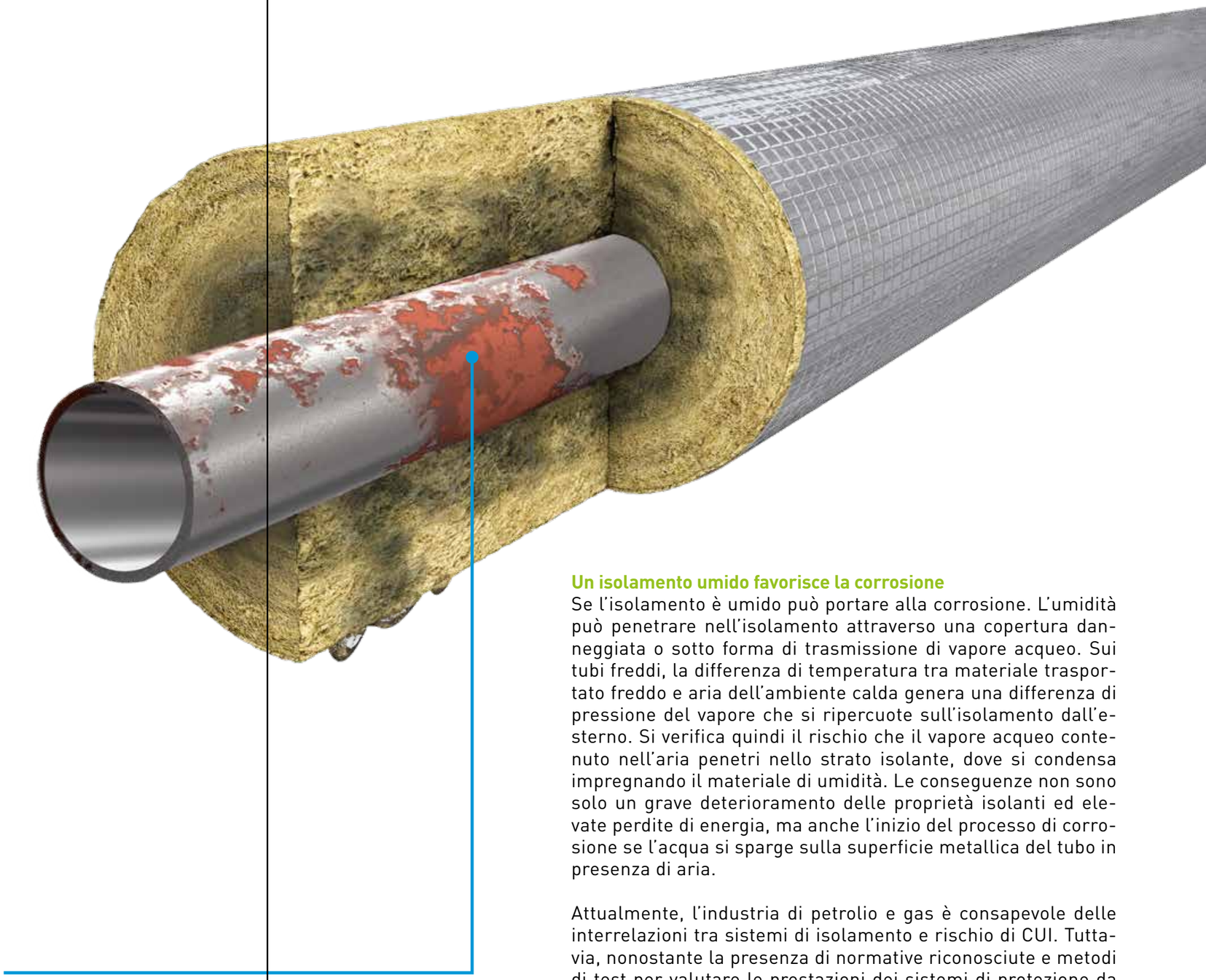
Sistemi di isolamento adatti limitano il rischio di corrosione

La CUI è insidiosa: i processi avvengono nascosti sotto l'isolamento e spesso emergono solo quando il danno è ormai vasto e diffuso. La CUI di solito si presenta su tubi con una temperatura della linea compresa tra 0°C e 175°C ed è particolarmente critica sopra a 50°C. Il rischio aumenta per le apparecchiature che vengono utilizzate in modo discontinuo o con doppie temperature. Se la temperatura fluttua, si può formare della condensa nel materiale isolante e l'acqua può raggiungere la superficie dei tubi. Negli impianti offshore in alto mare, in presenza di acqua salmastra, c'è un rischio maggiore di presenza di cloruri o solfati nell'acqua che penetra nell'isolamento, generando così processi di corrosione.

L'isolamento da solo non può proteggere i componenti dell'impianto dalla corrosione, ma sistemi isolanti adeguati possono fornire un valido supporto nella protezione dalla corrosione. La scelta del materiale dell'isolamento è determinante per l'effetto sul rischio dei processi di corrosione, che può essere quindi mitigato o incentivato.

CUI, fatti:

- Da 40 a 60% dei costi di manutenzione per le tubazioni è dovuto alla CUI.
- La CUI è la ragione principale per chiusure di impianti non programmate ed è responsabile di tempi di fermo maggiori di tutte le altre cause insieme.



Un isolamento umido favorisce la corrosione

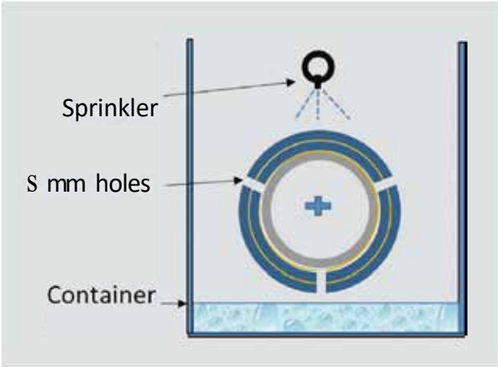
Se l'isolamento è umido può portare alla corrosione. L'umidità può penetrare nell'isolamento attraverso una copertura danneggiata o sotto forma di trasmissione di vapore acqueo. Sui tubi freddi, la differenza di temperatura tra materiale trasportato freddo e aria dell'ambiente calda genera una differenza di pressione del vapore che si ripercuote sull'isolamento dall'esterno. Si verifica quindi il rischio che il vapore acqueo contenuto nell'aria penetri nello strato isolante, dove si condensa impregnando il materiale di umidità. Le conseguenze non sono solo un grave deterioramento delle proprietà isolanti ed elevate perdite di energia, ma anche l'inizio del processo di corrosione se l'acqua si sparge sulla superficie metallica del tubo in presenza di aria.

Attualmente, l'industria di petrolio e gas è consapevole delle interrelazioni tra sistemi di isolamento e rischio di CUI. Tuttavia, nonostante la presenza di normative riconosciute e metodi di test per valutare le prestazioni dei sistemi di protezione da corrosione, il ruolo dei materiali isolanti sul rischio di CUI è a malapena considerato nelle norme internazionali. Non vi sono ancora test standardizzati per esaminare le prestazioni dei sistemi isolanti nella riduzione del rischio di CUI nell'ambito dell' installazione.

I MATERIALI ISOLANTI ARMAFLEX NEL TEST DI RESISTENZA CUI

In assenza di un simile standard, Armacell ha esaminato i propri materiali isolanti sottoponendoli a un test sviluppato da TNO-ENDURES (Den Helder, Paesi Bassi) per la Shell, società internazionale di petrolio e gas. Il test è ampiamente riconosciuto nell'industria petrolifera e del gas.

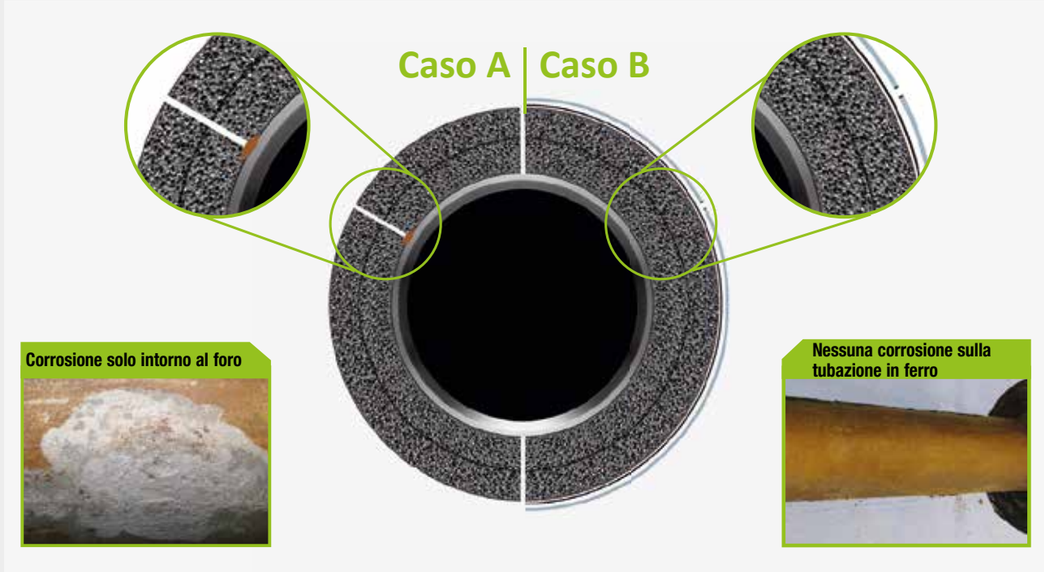
Preparazione del test
Nel test standardizzato, i materiali isolanti Armaflex sono stati sottoposti allo scenario peggiore: un tubo di acciaio non legato e isolato, con una temperatura della linea di 80°C, è stato continuamente spruzzato con acqua salata calda. Una metà del tubo è stata isolata con due strati di lastre Armaflex spessi ciascuno 25 mm (caso A). L'altra metà è stata preparata allo stesso modo, poi ricoperta con una barriera protettiva per agenti climatici in plastica rinforzata con vetro (caso B). Per simulare una modalità di guasto, nel caso A sono stati praticati diversi fori attraverso l'intero spessore dell'isolamento, mentre nel caso B i fori sono stati deliberatamente eseguiti solo nel rivestimento, lasciando intatto l'isolamento. In entrambi i casi è stato fatto in modo che l'acqua potesse penetrare nell'isolamento. Queste condizioni artificiali, ideali per la formazione di corrosione, sono state mantenute per sei mesi.



Preparazione del test CUI eseguito da TNO/ENDURES

Risultati del test
Al termine della fase di test, i campioni sono stati esaminati accuratamente. Nel caso A, la condensa si era formata come previsto, tuttavia i processi erano limitati all'area immediatamente adiacente ai fori. Non vi erano segni di corrosione in nessun'altra area del tubo, compresa l'intera parte inferiore. L'acqua salmastra non aveva ovviamente raggiunto queste zone. Le aspettative sono state confermate anche nel secondo caso esaminato, nel quale i fori erano stati realizzati solo nel rivestimento. Al termine del test lo strato esterno dell'isolamento era umido, mentre quello interno era completamente asciutto. Non è stata rilevato alcun segno di corrosione nel tubo di acciaio. L'isolamento Armaflex ha impedito all'umidità di raggiungere la superficie del tubo.

In termini fisici, questo notevole risultato può essere attribuito alla "barriera antivapore integrata" del materiale isolante a celle chiuse. Il test ha dimostrato in modo eccezionale che Armaflex limita i processi CUI anche nelle condizioni più estreme. Va sottolineato che i processi di corrosione di questo test erano indotti deliberatamente. Né le condizioni ambiente né i danni causati al materiale Armaflex riflettevano le condizioni reali.



Nonostante i danni piuttosto estesi riportati dal rivestimento, il tubo nel caso B non mostra segni di corrosione. Nel caso A, invece, la corrosione si è verificata come previsto. I processi, tuttavia, sono stati limitati all'area immediatamente adiacente ai fori.

La corrosione deliberatamente indotta nel caso A è stata osservata solo nell'area immediatamente adiacente ai fori (v. anche immagine ravvicinata). Nessuna traccia di corrosione si riscontra in altre aree, come anche sull'intera parte inferiore del tubo (foto 3). Qui l'isolamento Armaflex ha impedito la diffusione della corrosione in modo efficace.

TEST COMPARATIVO DEI DIVERSI SISTEMI DI ISOLAMENTO

Quali materiali isolanti possono limitare il rischio di CUI e in quale misura? Per valutare la resistenza dei sistemi isolanti comunemente usati all'ingresso del vapore acqueo e l'inizio e la diffusione del fenomeno della corrosione in un ambiente caratterizzato da un'elevata umidità, Armacell ha incaricato InnCoa (Neustadt/Donau, Germania), famoso istituto esperto in materia, di eseguire un ulteriore test.

Sono stati esaminati cinque diversi sistemi isolanti:

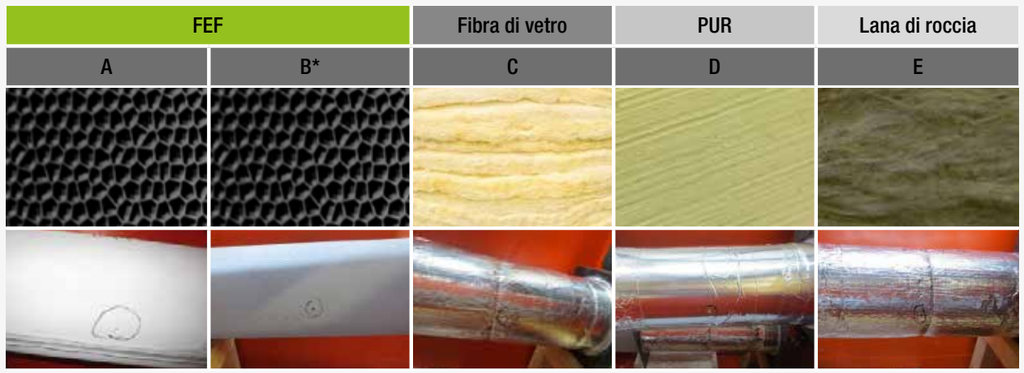
- **Sistema A:** due strati di schiuma elastomerica flessibile (FEF) con una copertura polimerica flessibile (HT/ Armaflex Industrial & Arma-Chek R)
- **Sistema B:** come A, ma con adesione totale di entrambi gli strati FEF (HT/ Armaflex Industrial & Arma-Chek R)
- **Sistema C:** Fibra di vetro con copertura di alluminio,
- **Sistema D:** PUR con copertura di alluminio, e
- **Sistema E:** Lana di roccia con copertura di alluminio.

Preparazione del test

I sistemi isolanti sono stati correttamente montati su tubi di acciaio ed esposti a un ambiente altamente umido in una camera climatica. Per simulare un danno superficiale al sistema isolante è stato realizzato un foro del diametro di 5 mm e con profondità di 10 mm circa attraverso la copertura nell'isolamento esterno su ciascuno dei cinque oggetti del test. In questo modo l'umidità poteva sicuramente penetrare nell'isolamento durante il test.

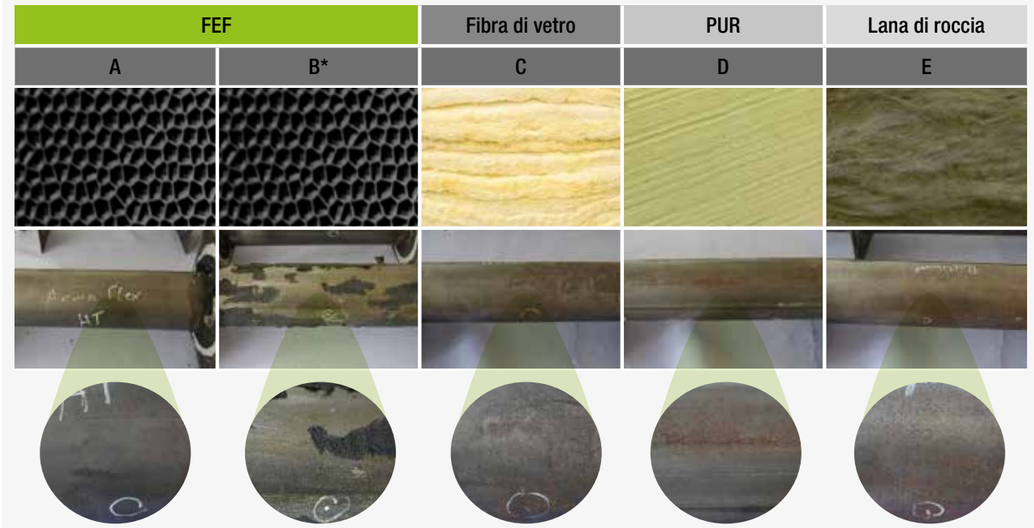
I tubi sono stati installati in una configurazione standard con circolazione d'aria. Come condizioni ambiente sono state definite una temperatura di 35°C ±5% e un'umidità relativa di 80% ±10%. L'umidità è stata regolata con due vasi aperti contenenti soluzione salina satura di solfato di ammonio ((NH4)2SO4) e quattro ventilatori con una portata volumetrica di flusso di circa 2,5 m^3/min. Questo metodo ha garantito la corretta circolazione dell'aria all'interno della camera. L'acqua è stata fatta fluire all'interno dei tubi a una velocità di circa 27 litri/min per gli impianti di raffreddamento e

Sistemi isolanti testati



* Adesione totale di entrambi gli strati FEF

Le superfici dei tubi dopo il test



* Adesione totale di entrambi gli strati FEF

riscaldamento. La temperatura del flusso dell'acqua di circolazione è stata regolata in un ciclo di 24 ore tra 5°C e 80°C e i cicli si sono susseguiti in modo continuativo in un circolo infinito per tutta la durata del test.
Le condizioni del test sono state mantenute per un periodo di 65 giorni. In questo tempo, le condizioni e i campioni sono stati controllati visivamente almeno una volta al giorno attraverso la calotta trasparente della camera climatica, senza aprire quest'ultima. Al termine del test, i sistemi isolanti sono stati smontati e la superficie dei tubi fotografata. I tubi sono stati esaminati e la corrosione valutata. Le superfici sono state quindi classificate secondo la norma ISO 10289, che descrive i metodi di esecuzione del test di corrosione su rivestimenti metallici e inorganici su substrati metallici e la classificazione dei campioni del test e degli prodotti soggetti ai test. Definisce inoltre la classificazione di protezione R_p e i difetti della protezione, valutando l'aspetto nella categoria R_A.

Il grado di protezione, R_P, viene classificato usando una semplice scala da 0 a 10. Una classificazione R_P di 10 indica che lo 0% della superficie mostra segni di corrosione o altri difetti (punteggio migliore). Una classificazione R_P di 0 indica che il 50% o più della superficie mostra segni di corrosione (punteggio peggiore).

Classificazione della protezione (R_P) da corrosione conforme (R_A) a ISO 10289

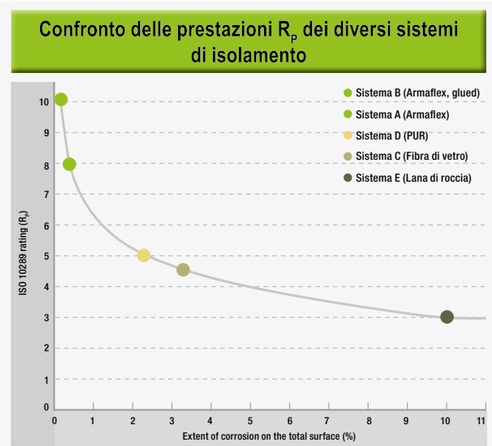
Area dei difetti	Punteggio R_P o R_A
nessun difetto	10
$0 < A \leq 0.1$	9
$0.1 < A \leq 0.25$	8
$0.25 < A \leq 0.5$	7
$0.5 < A \leq 1.0$	6
$1.0 < A \leq 2.5$	5
$2.5 < A \leq 5.0$	4
$5.0 < A \leq 10$	3
$10 < A \leq 25$	2
$25 < A \leq 50$	1
$50 < A$	0

Risultati del test
I cinque campioni sono stati valutati conformemente alla norma ISO 10289 ed è stata misurata la capacità di protezione da corrosione. I prodotti della corrosione sono stati analizzati usando un microscopio elettronico a scansione (SEM), mentre la composizione chimica è stata studiata tramite spettroscopia a dispersione di energia dei raggi X (EDX).

Classificazioni della protezione da corrosione dei sistemi isolanti
I due sistemi isolanti in FEF sono quelli che si sono comportati meglio nel test. Il sistema A ha ottenuto un grado di classificazione della protezione di R_P 8, mentre la schiuma elastomerica con adesione totale (sistema B) ha persino raggiunto il punteggio migliore della classificazione, ovvero R_P 10. Dopo 65 giorni di test, nessun segno di corrosione è stato riscontrato sulla superficie del tubo. L'adesione completa del materiale isolante aumenta ulteriormente la già elevata protezione da corrosione dei FEF.

Il sistema isolante in fibra di vetro (sistema C), invece, ha ottenuto solamente un R_P compreso tra 4 e 5. Segni di corrosione si sono formati sul tubo nell'area sottostante il foro del danno. L'analisi ha mostrato ossidi di ferro con presenza di silicone dovuti probabilmente alle fibre di vetro. Nel caso dell'isolamento in poliuretano (sistema D) è stata riscontrata una maggiore corrosione sulle tubazioni nella zona sottostante il giunto dei gusci isolanti, a dimostrazione che questo è un potenziale punto debole di tale sistema di isolamento. Il sistema D ha ottenuto una classificazione R_P di 5. Il maggior danno da corrosione è stato riscontrato sul campione in lana di roccia, decrescente verso fine del tubo. La superficie interessata da difetti coincideva con il 5-10% dell'area totale del tubo, con una conseguente classificazione R_P di 3.

Il test ha dimostrato in modo eccezionale che le schiume elastomeriche flessibili a celle chiuse dotate di "barriera antivapore integrata" sono più tolleranti verso piccoli difetti della copertura e dell'isolamento rispetto ad altri sistemi isolanti. Se l'umidità penetra in questi sistemi e raggiunge la superficie del tubo, in genere causa la formazione di CUI.



Classificazioni della protezione da corrosione*

FEF		Fibra di vetro	PUR	Lana di roccia
A	B**	C	D	E
8	10	5 - 4	5	3

* Classi di protezione anticorrosione (R_p) secondo ISO 10289 (10 = nessuna corrosione)

** Adesione totale di entrambi gli strati FEF

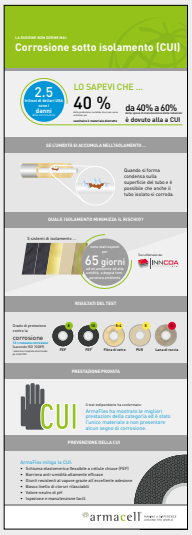
I materiali isolanti Armaflex limitano il rischio di corrosione: durante l'utilizzo, la camera di decompressione isolata con Armaflex e ricoperta con Arma-Chek è stata regolarmente esposta a spruzzi d'acqua. Finito il test, l'isolamento Armaflex è stato inciso e aperto. Come si può vedere dalla fotografia a destra, la superficie di metallo della camera è completamente priva di segni di corrosione.

Lunga durata di vita utile dei sistemi isolanti elastomerici
I test per CUI eseguiti da istituti esterni indipendenti confermano gli eccellenti risultati ottenuti da decenni dai materiali isolanti Armaflex. Il materiale isolante a celle chiuse con bassa conduttività termica ed elevata resistenza alla trasmissione di vapore acqueo offre ai componenti dell'impianto una duratura protezione contro la formazione della condensa e le dispersioni di energia. Il materiale altamente flessibile si adatta perfettamente, aderendo anche intorno ai componenti più complessi e può essere installato facilmente in cantiere persino in condizioni molto difficili. Come spesso si nota durante le operazioni di manutenzione, le apparecchiature isolate con Armaflex non mostrano segni di corrosione, anche dopo decenni dall'installazione. Test interni ed esterni hanno dimostrato che anche dopo oltre 25 anni dall'installazione, Armaflex presenta ancora gli stessi valori garantiti al momento della produzione. Per garantire che il sistema isolante funzioni in modo affidabile per molti anni a venire, è fondamentale che lo spessore dell'isolamento venga calcolato correttamente, siano usati accessori compatibili con il sistema e i materiali vengano installati in modo professionale, seguendo le istruzioni dei produttori.

AUTORE
Georgios Eleftheriadis
Armacell Manager Technical Marketing EMEA

MAGGIORI INFORMAZIONI

Il rischio di danni da corrosione sotto isolamento è oggetto di una campagna informativa promossa attualmente da Armacell. La società utilizza video, infografiche e una sezione speciale sul proprio sito web per spiegare l'importanza dei sistemi di isolamento per la prevenzione della condensa.



Tutti i dettagli sulla campagna possono essere trovati su: **www.armacell.eu**

© Armacell, 2018 | KnowHow | RiskofCUI | 20180709 | IT