


KNOW-HOW

Critères de qualité des isolants techniques :

Risque de corrosion sous isolation (CUI)





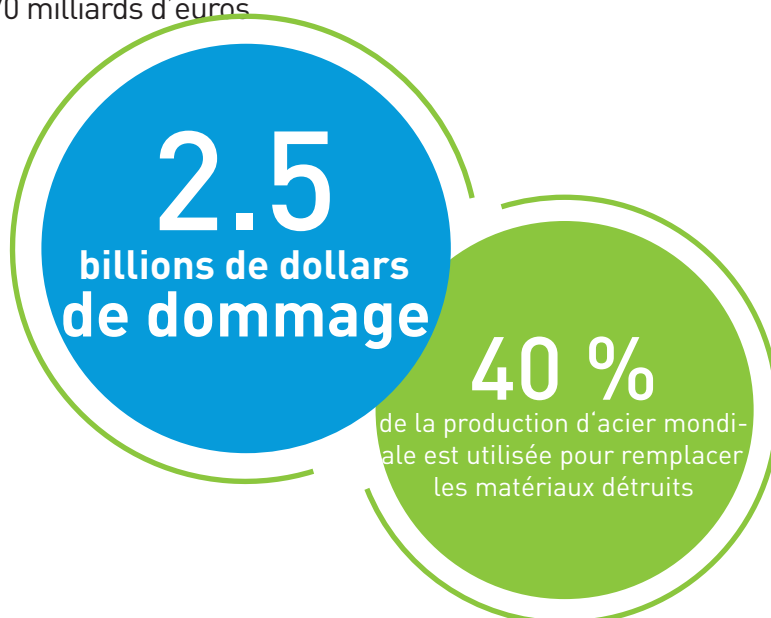
Comme l'ont montré de récentes études indépendantes, les isolants Armaflex permettent de réduire au maximum le risque de corrosion sous isolation. D'autre part, les isolants à cellules ouvertes ne sont pas protégés contre l'absorption d'humidité et présentent donc un risque plus élevé de corrosion sous isolation.

LA ROUILLE NE DORT JAMAIS !

40 % de la production d'acier mondiale est utilisée pour remplacer les pièces détruites par la corrosion. Chaque année, les dommages dus à la corrosion coûtent à l'économie mondiale 2,5 billions de dollars américains, soit 3 % du produit intérieur brut mondial. La corrosion sous isolation (CUI) est particulièrement insidieuse, car elle n'est souvent découverte que lorsqu'elle a déjà causé des dommages importants. Lors de la sélection d'un matériau d'isolation, la question principale à se poser est son degré de protection contre la corrosion.

La corrosion sous isolation coûte des milliards à l'économie mondiale

Le combat contre la rouille dure depuis plus de 3000 ans et il n'y a pas de raison pour que cela cesse. Lorsque l'homme a appris à fondre le minerai de fer, il a découvert un matériau abondant qui a bientôt remplacé le bronze beaucoup plus cher. Aujourd'hui encore, le fer est toujours l'une des matières premières les plus importantes dans l'économie mondiale. Lorsqu'il est exposé à l'eau ou à l'air humide, le fer s'oxyde au contact de l'oxygène. À la différence de la couche d'oxyde du chrome, de l'aluminium ou du zinc, la rouille produite par la corrosion est poreuse. En se décomposant, le métal devient de plus en plus cassant et, sur une superficie plus importante, il peut s'écailler jusqu'à la destruction complète. L'altération des matériaux ferreux en rouille cause des dommages s'élevant à des milliards d'euros chaque année. La corrosion consomme 3 à 4 % de la production économique annuelle. Rien qu'en Allemagne, cela représente 70 milliards d'euros.



45 % des coûts, soit environ 1 billion de dollars, proviennent de l'industrie du pétrole et du gaz et de la pétrochimie. Selon une étude menée par l'entreprise américaine ExxonMobil Chemical, 40 à 60 % des coûts de maintenance des tuyaux sont dus à la corrosion sous isolation (CUI). À cela viennent s'ajouter les coûts indirects résultant du temps d'arrêt. Les experts de l'industrie de l'huile minérale estiment que la CUI est la principale raison des arrêts de production imprévus et est responsable d'un temps d'arrêt plus important que toutes les autres causes réunies. Dans des cas extrêmes, les fuites causées par la corrosion peuvent entraîner des incendies ou des explosions et mettre en danger la vie humaine.

Des systèmes d'isolation appropriés réduisent le risque de corrosion

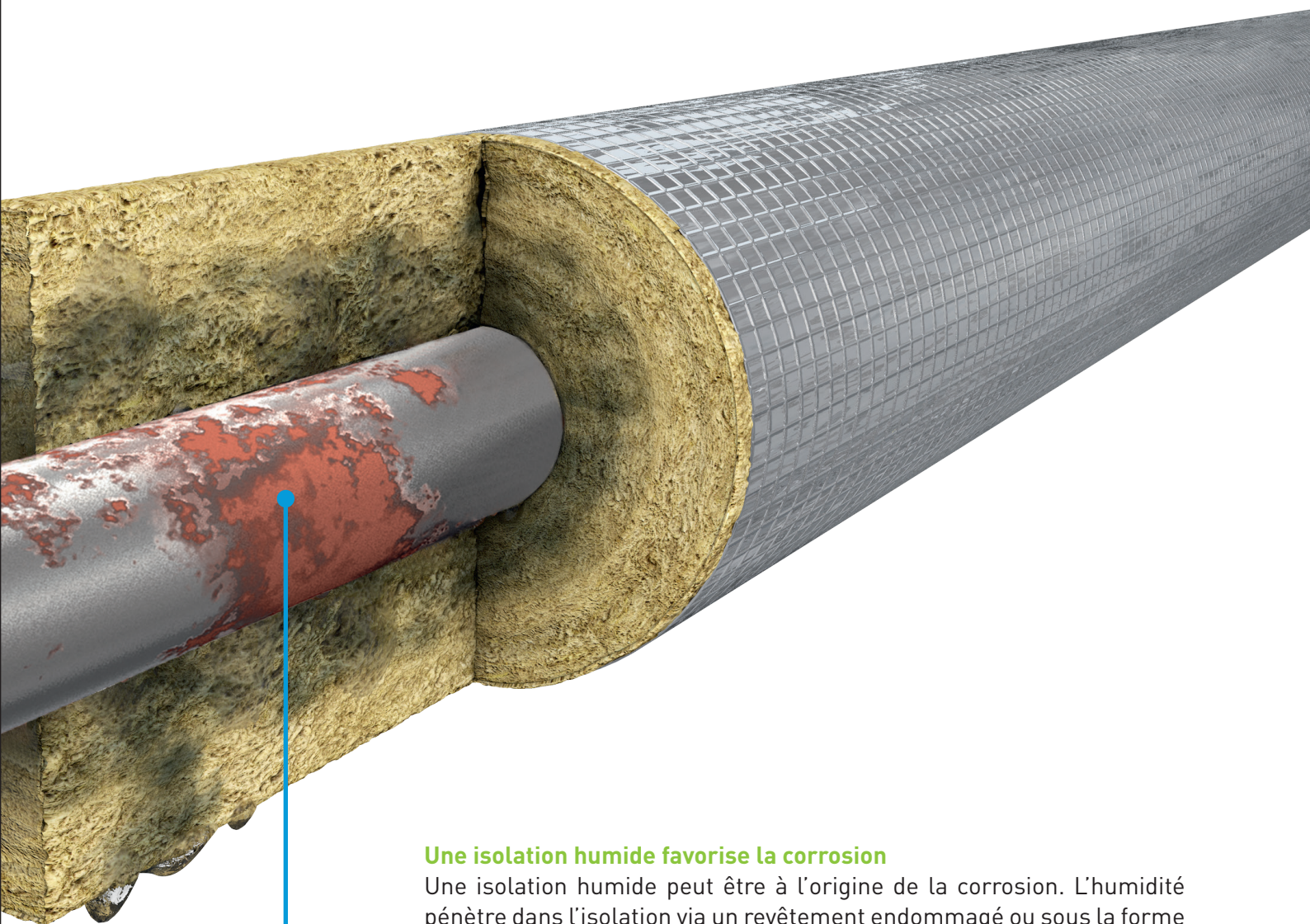
La corrosion sous isolation est insidieuse : le processus se produit de manière cachée sous l'isolation et n'est souvent découvert que lorsque les dommages sont déjà importants. La corrosion sous isolation se forme sur les tuyaux avec une température de conduite entre 0 °C et 175 °C et est particulièrement critique au-dessus de 50 °C. Le risque augmente sur un équipement fonctionnant de manière discontinue ou à deux températures. Si la température fluctue, de la condensation peut se former dans l'isolant et de l'eau peut atteindre la surface des tuyaux. Dans l'air salé des installations offshore en haute mer, le risque que l'eau contienne des chlorures ou des sulfates qui pénètrent dans l'isolant et déclenchent le processus de corrosion est beaucoup plus élevé.

L'isolant seul ne peut pas protéger les équipements des usines contre la corrosion, mais des systèmes d'isolation appropriés peuvent renforcer efficacement la protection contre la corrosion. Le choix du matériau détermine si l'isolant réduit le risque de corrosion ou favorise le processus de corrosion.

Faits à propos de la CUI :

- 40 à 60 % des coûts de maintenance des tuyaux sont dus à la corrosion sous isolation (CUI).
- La CUI est la principale raison des arrêts de production imprévus et est responsable d'un temps d'arrêt plus important que toutes les autres causes réunies.





Une isolation humide favorise la corrosion

Une isolation humide peut être à l'origine de la corrosion. L'humidité pénètre dans l'isolation via un revêtement endommagé ou sous la forme de diffusion de vapeur d'eau. Sur les conduites froides, en raison de la différence de température entre le fluide froid et l'air ambiant chaud, une différence de pression de vapeur se produit et agit sur l'isolation de l'extérieur. Il y a un risque que la vapeur d'eau contenue dans l'air pénètre dans la couche d'isolation, se transforme en condensation et imprègne le matériau. Les conséquences ne sont pas uniquement une détérioration importante des propriétés de l'isolation et des pertes d'énergie importantes ; si l'eau se répand sur la surface métallique du tuyau et si de l'air est présent, le processus de corrosion commence.

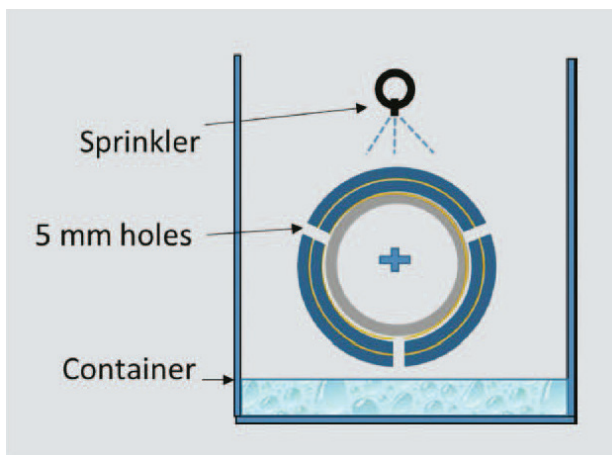
Aujourd'hui, l'industrie du pétrole et du gaz connaît les corrélations entre les systèmes d'isolation et le risque de corrosion sous isolation. Toutefois, bien qu'il existe des normes et des méthodes d'essai reconnues pour évaluer la performance des systèmes de protection anticorrosion, l'influence des matériaux d'isolation sur le risque de CUI est rarement prise en compte dans les normes internationales. Il n'existe encore aucun essai standardisé pour examiner la performance des systèmes d'isolation dans la réduction du risque de CUI dans un scénario d'installation

LES ISOLANTS ARMAFLEX DANS L'ESSAI DE RÉSISTANCE À LA CUI

En l'absence d'une norme de ce type, Armacell a fait tester ses isolants dans un essai développé par TNO-ENDURES (Den Helder, Pays-Bas) pour la compagnie pétrolière et gazière internationale Shell. Cet essai est largement reconnu dans l'industrie du pétrole et du gaz.

Configuration de l'essai

Dans l'essai standardisé, les isolants Armaflex ont été soumis au scénario le plus défavorable : un tuyau en acier non allié isolé avec une température de conduite de 80 °C a été continuellement aspergé d'eau salée chaude. Une moitié du tuyau a été isolée avec deux couches de plaques Armaflex de 25 mm d'épaisseur chacune (cas A). L'autre moitié du tuyau a été préparée de la même manière, puis revêtue d'une barrière contre les intempéries en plastique renforcée de fibre de verre (cas B). Pour simuler un mode de défaillance, dans le cas A, plusieurs trous ont été percés sur toute l'épaisseur de l'isolation. En revanche, dans le cas B,



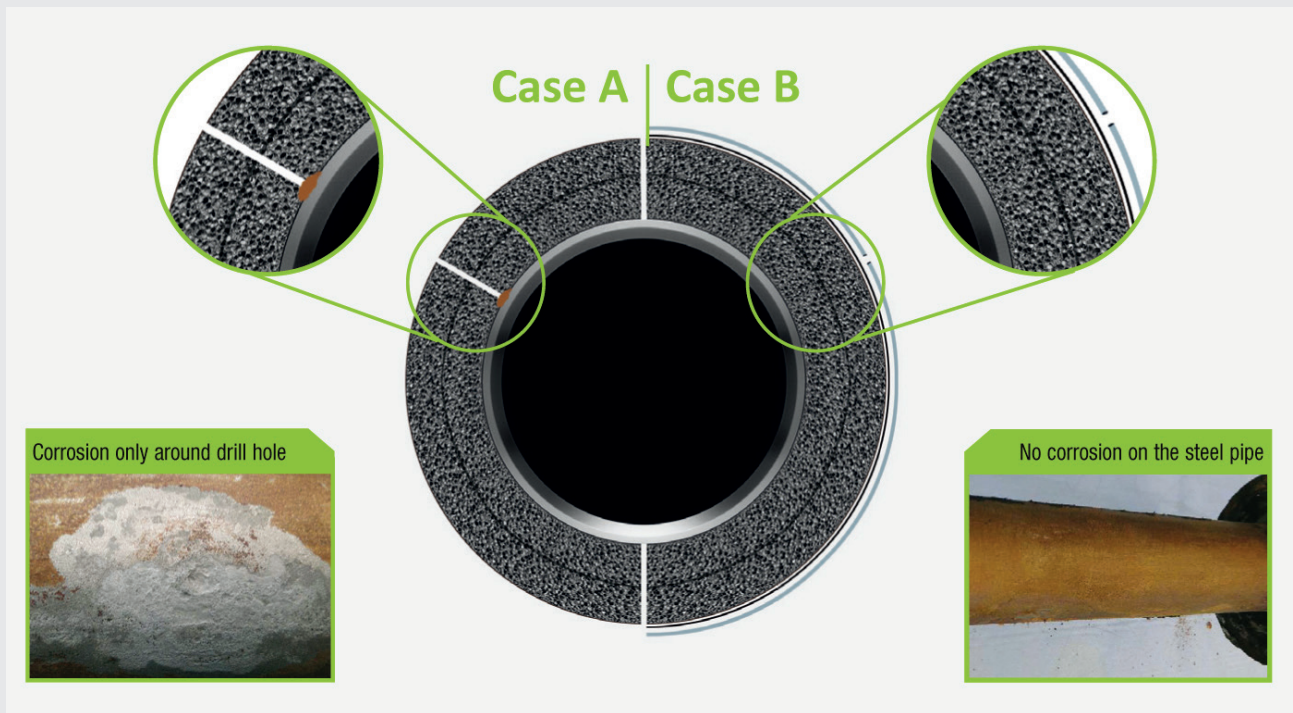
Configuration de l'essai de CUI effectué par TNO/ENDURES

les trous ont été délibérément percés uniquement dans le revêtement, l'isolation est restée intacte. Dans les deux cas, il a été fait en sorte que l'eau puisse pénétrer dans l'isolation. Ces conditions artificielles, idéales pour la formation de la corrosion, ont été maintenues pendant six mois.

Résultats de l'essai

À la fin de la phase de l'essai, les échantillons ont été soigneusement examinés. Dans le cas A, la condensation s'était formée comme prévu. Toutefois, le phénomène s'est produit uniquement à proximité immédiate des trous percés. Aucun signe de corrosion n'a été observé dans les autres parties du tuyau, y compris sur toute la partie inférieure. L'eau salée n'avait manifestement pas atteint ces régions. Les attentes ont été également dépassées dans le second cas de l'essai dans lequel les trous avaient été percés uniquement dans le revêtement. Tandis que la couche d'isolation extérieure était humide à la fin de l'essai, la couche d'isolation intérieure était complètement sèche. Aucun signe de corrosion n'a été détecté sur le tuyau en acier. L'isolant Armaflex a évité que l'humidité n'atteigne la surface du tuyau.

En physique, ce résultat remarquable peut être expliqué par le « pare-vapeur intégré » du matériau d'isolation à cellules fermées. L'essai a démontré de manière impressionnante qu'Armaflex réduit le processus de CUI même dans les conditions les plus extrêmes. Il convient de souligner que le processus de corrosion dans cet essai a été provoqué délibérément. Ni les conditions ambiantes ni le dommage causé au matériau Armaflex ne reflètent les conditions en situation réelle.



Malgré les dommages importants causés au revêtement, dans le cas B, le tuyau ne présente aucun signe de corrosion. Dans le cas A, la corrosion s'est formée comme prévu. Toutefois, le phénomène s'est produit uniquement à proximité immédiate des trous percés.



La corrosion provoquée délibérément dans le cas A est observée uniquement à proximité des trous percés (voir également le gros plan). Aucun signe de corrosion n'est observé dans toutes les autres parties, y compris sur toute la partie inférieure du tuyau (photo 3). Ici, l'isolant Armaflex a empêché efficacement la propagation de la corrosion.

ESSAI COMPARATIF DE DIFFÉRENTS SYSTÈMES D'ISOLATION

Quels matériaux d'isolation peuvent réduire le risque de corrosion sous isolation et dans quelle mesure ? Pour évaluer la résistance des systèmes d'isolation couramment utilisés à la pénétration de vapeur d'eau et à l'apparition et la propagation de corrosion dans un environnement très humide, Armacell a demandé au célèbre institut spécialisé dans la corrosion InnCoa (Neustadt/Donau, Allemagne) d'effectuer un autre essai.

Cinq systèmes d'isolation différents ont été testés :

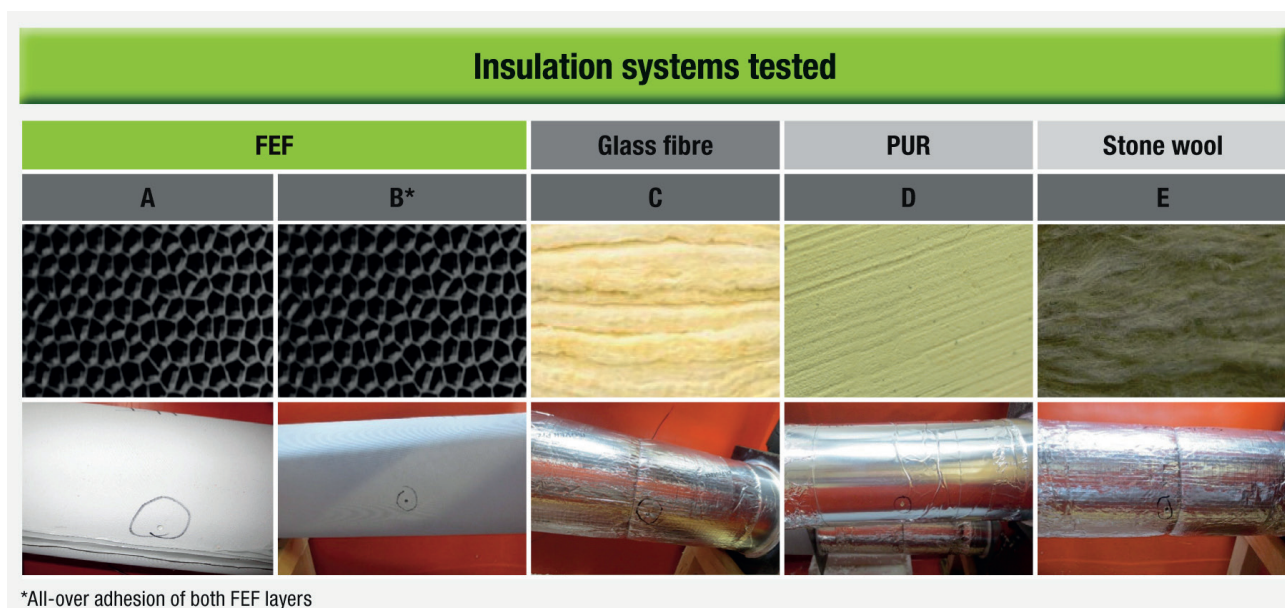
- Système A : deux couches de mousse élastomère flexible (FEF) avec un revêtement polymère flexible (HT/Armaflex Industrial & Arma-Chek R)
- Système B : identique au système A, mais avec un collage sur toute la surface des deux couches FEF (HT/Armaflex Industrial & Arma-Chek R)
- Système C : fibre de verre avec un revêtement en aluminium
- Système D : PUR avec un revêtement en aluminium et

- Système E : laine de roche avec un revêtement en aluminium.

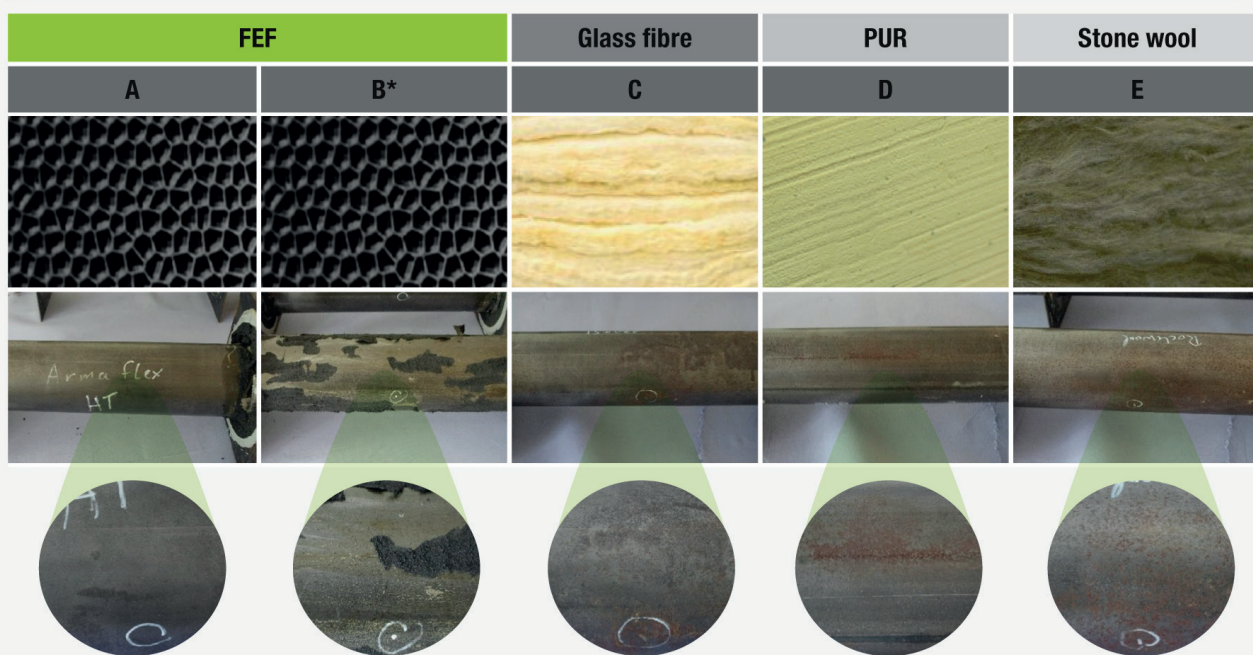
Configuration de l'essai

Les systèmes d'isolation ont été montés correctement sur des tuyaux en acier et exposés à un environnement à taux d'humidité élevé dans une chambre climatique. Afin de simuler des dommages superficiels sur le système d'isolation, un trou d'un diamètre de 5 mm et d'une profondeur d'environ 10 mm a été réalisé à travers le revêtement dans l'isolation extérieure sur chacun des 5 objets testés. L'objectif était de s'assurer que l'humidité pénètre dans l'isolation pendant l'essai.

Les tuyaux ont été installés dans une configuration en série avec circulation de l'air. Une température de $35\text{ °C} \pm 5\%$ et une humidité relative de $80\% \pm 10\%$ ont été définies comme conditions ambiantes. L'humidité était régulée par deux récipients ouverts avec une solution salée saturée de sulfate d'ammonium $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ et quatre ventilateurs avec un débit-volume d'environ $2,5\text{ m}^3/\text{min}$. Cette configuration permettait d'assurer la bonne circulation de l'air dans la chambre. L'eau circulait dans les tuyaux à un



The pipe surfaces after the test



*All-over adhesion of both FEF layers

débit d'environ 27 litres/min pendant les cycles de refroidissement et de chauffage. La température de l'écoulement d'eau en circulation était ajustée selon un cycle de 24 heures entre 5 °C et 80 °C et les cycles s'enchaînaient en continu dans une boucle infinie pendant la durée de l'essai.

Les conditions de l'essai ont été maintenues pendant 65 jours. Pendant cette période, les conditions et les échantillons ont été contrôlés visuellement au moins une fois par jour à travers le capot transparent de la chambre climatique, sans ouvrir la chambre.

À la fin de l'essai, les systèmes d'isolation ont été démontés et la surface des tuyaux a été photographiée. Les tuyaux ont été examinés et la corrosion a été évaluée. Puis, les surfaces ont été classées selon la norme ISO 10289. La norme décrit les méthodes d'essai de corrosion des revêtements métalliques et inorganiques sur des substrats métalliques et la cotation des éprouvettes et des articles manufacturés soumis aux essais de corrosion. Elle définit la cotation de la protection R_p et les défauts de la protection et évalue l'aspect dans la catégorie R_A .

Le degré de protection, R_p , est classé au moyen d'une échelle simple de 0 à 10. Une cotation R_p de 10 signifie que 0 % de la sur-

face présente des signes de corrosion ou d'autres défauts (meilleure cotation). Une cotation R_p de 0 signifie qu'au moins 50 % de la surface présente des signes de corrosion (cotation la moins bonne).

Corrosion protection rating (R_p) and assessment of the appearance (R_A) acc. to ISO 10289

Area of defects A (%)	Rating R_p or R_A
no defects	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

Résultats de l'essai

Les cinq échantillons ont été évalués selon la norme ISO 10289 et la capacité à protéger contre la corrosion a été mesurée. Les produits de corrosion ont été analysés à l'aide de la microscopie électronique à balayage (SEM) et la composition chimique a été étudiée à l'aide de la spectroscopie à dispersion d'énergie (EDX).

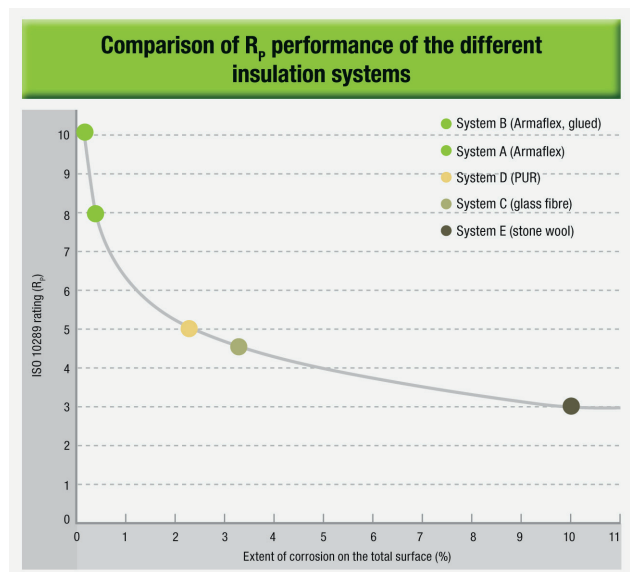
Cotations de la protection contre la corrosion des systèmes d'isolation

Les deux systèmes d'isolation FEF ont obtenu les meilleurs résultats à l'essai. Tandis que le système A a atteint un degré de cotation de la protection de R_p 8, la mousse élastomère avec collage sur toute la surface (système B) a même obtenu la meilleure cotation, R_p 10. Aucun signe de corrosion n'a été observé sur toute la surface du tuyau après 65 jours d'essai. Le collage sur toute la surface du matériau d'isolation augmente la protection anticorrosion déjà élevée des mousses FEF.

En revanche, le système d'isolation en fibre de verre (système C), n'a obtenu qu'une R_p de 4 à 5. La corrosion s'est formée sur le tuyau dans la zone sous le trou. L'analyse a révélé des oxydes de fer avec du silicone provenant probablement des fibres de verre. Dans le cas de l'isolation en polyuréthane (système D), une corrosion importante a été observée sur les tuyaux dans la zone sous le joint des enveloppes isolantes. Cela indique que le joint constitue un point faible potentiel dans ce système d'isolation. Le système D a obtenu une R_p de 5.

Les dommages les plus importants dus à la corrosion ont été observés sur l'échantillon en laine de roche, avec une diminution vers les extrémités du tuyau. La surface des défauts représentait entre 5 et 10 % de la surface totale du tuyau. La RP obtenue était de 3.

L'essai a démontré de manière impressionnante que les mousses élastomères flexibles à cellules fermées dotées d'un « pare-vapeur intégré » sont plus résistantes aux petits défauts dans le revêtement et l'isolation que les autres systèmes d'isolation. Si l'humidité pénètre dans ces autres systèmes d'isolation et atteint la surface du tuyau, cela entraîne généralement une corrosion sous isolation (CUI).

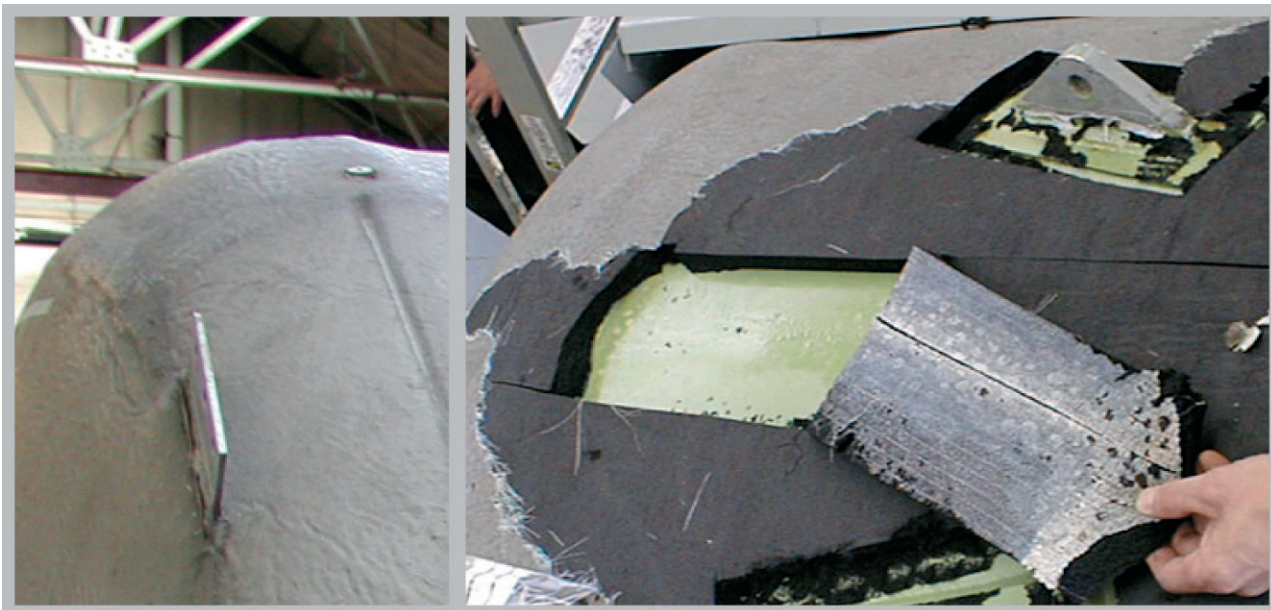


Corrosion protection ratings of the various insulation systems*

FEF		Glass fibre	PUR	Stone wool
A	B**	C	D	E
8	10	5 - 4	5	3

*Corrosion protection classes (R_p) acc. to ISO 10289 (10 = no corrosion)

**All-over adhesion of both FEF layers



Les isolants Armaflex réduisent le risque de corrosion : pendant son utilisation, la chambre de décompression isolée avec Armaflex et revêtue d'Arma-Chek a été régulièrement exposée au débordement de paquets d'eau. Après la mise hors service de la chambre, l'isolant Armaflex a été découpé. Comme le montre la photographie de droite, la surface métallique de la chambre ne présente aucune trace de corrosion.

Longue durée de vie des systèmes d'isolation élastomère

Les essais de CUI effectués par des instituts externes indépendants confirment les excellents résultats obtenus avec les isolants Armaflex depuis des décennies. L'isolant à cellules fermées possédant une faible conductivité thermique et une résistance à la diffusion de vapeur d'eau très élevée assure aux équipements d'usine une protection de longue durée contre la condensation et les pertes d'énergie. Le matériau hautement flexible s'ajuste parfaitement même autour des équipements les plus complexes et peut être installé facilement dans des conditions très difficiles sur le site de construc-

tion. Comme cela est souvent observé lors des travaux de maintenance, l'équipement isolé avec Armaflex ne présente aucun signe de corrosion plusieurs dizaines d'années après son installation. Des essais internes et externes ont montré que même après avoir été posé depuis plus de 25 ans, Armaflex possède toujours les valeurs garanties au moment de la fabrication. Afin de s'assurer que le système d'isolation fonctionne de manière fiable pendant les nombreuses années à venir, il est crucial de calculer correctement l'épaisseur de l'isolant, d'utiliser des accessoires compatibles avec le système et d'installer les matériaux de manière professionnelle conformément aux instructions des fabricants.



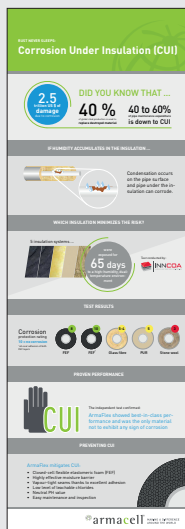
AUTHOR

Georgios Eleftheriadis
Armacell Manager Technical
Marketing EMEA



INFORMATIONS SUPPLÉMENTAIRES

Le risque de dommages dus à la corrosion sous isolation fait également l'objet d'une campagne d'information actuelle menée par Armacell. L'entreprise utilise des outils tels que des vidéos, des documents infographiques ainsi qu'une rubrique spéciale sur le site web pour expliquer l'importance du système d'isolation pour la protection contre la corrosion.



Vous trouverez tous les détails de la campagne sur le site www.armacell.eu

