Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 101 (1975)

Heft: 22: SIA spécial, no 5, 1975: Chauffage - ventilation - climatisation

Artikel: Corrosion des circuits de distribution d'eau en acier galvanisé

Autor: Colin, Michel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-72586

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

conscience ; il nous permet de traduire également, dans le domaine banal et journalier de la nourriture, les effets de notre civilisation urbaine occidentalisée.

Adresse de l'auteur :

Jean Duret
Architecte-urbaniste SIA-FAS
75, rue de Lyon, 1203 Genève

[1] « Chauffage et conditionnement électrique des locaux » par R. Wolf. Eyrolles, éditeur, Paris, 1974.

[2] « Surfaces vitrées et climatisation » par Ernest Wild qui montre (fig. 9 à 14) diverses valeurs de transmissions thermiques pour vitrage simple et double et donne (tableaux 1 à 3) une comparaison entre différents types de vitrages et de protection. *Bulletin technique de la Suisse romande, 92,* 253 (16.7.66).

[3] Voir l'article du même auteur paru dans le *Bulletin technique de la Suisse romande, 100,* 26 : 516 (19.12.1974).

Corrosion des circuits de distribution d'eau en acier galvanisé

par MICHEL COLIN, Lausanne

Parmi les diverses corrosions rencontrées dans les circuits de distribution d'eau froide et d'eau chaude dans les bâtiments locatifs, l'une des plus fréquentes est celle des tuyauteries en acier galvanisé en présence de conduites en cuivre ou de robinets et de vannes en laiton ou en bronze.

Cette corrosion affecte plus spécialement les tubes en acier galvanisé utilisés pour la distribution de l'eau chaude. Elle n'épargne cependant pas les circuits d'eau froide comme en témoignent les cas déjà observés.

1. Mécanisme de corrosion

Il s'agit d'une corrosion électrochimique. Ce type de corrosion se produit dans les liquides ou les électrolytes (composés qui, à l'état liquide ou dissous, conduisent le courant électrique). Elle est provoquée dans la presque totalité des cas par la juxtaposition de deux métaux différents, ou par la présence d'hétérogénéités sur la surface d'un même métal ou encore par des différences locales de concentration d'un même composé dans le milieu environnant (oxygène en particulier). Ces discontinuités conduisent à la création de piles électriques provoquant la destruction du matériau.

La corrosion de l'acier galvanisé en présence de cuivre ou de ses alliages est due au fait que ces deux métaux ont un comportement électrochimique nettement différent. Elle revêt essentiellement deux aspects. Il peut s'agir simplement d'un contact direct entre les deux matériaux, ce qui crée une pile. Celle-ci peut facilement être éliminée en interposant un joint inerte entre eux. Un cas plus dangereux est celui où des bavures de cuivre venant du montage sont entraînées puis déposées sur le métal zingué, provoquant l'apparition de corrosions localisées. Un montage soigneux permet cependant d'éviter ce genre d'accident.

Le deuxième aspect est de loin le plus fréquent et le plus dangereux. C'est celui où les ions cuivre en solution dans l'eau viennent en contact avec les parties galvanisées créant une multitude de micropiles zinc-cuivre et l'amorce de nombreuses piqûres.

Sans entrer dans des explications trop scientifiques, examinons rapidement quel est le mécanisme de cette corrosion et tout d'abord quel est le processus de dissolution d'un métal.

Si on plonge un métal dans un électrolyte (eau du réseau dans le cas présent), des atomes métalliques passent dans la solution à l'état d'ions positifs tandis que dans le métal apparaissent des charges négatives. Du point de vue électrique, ceci peut s'écrire :

$$\underset{\text{métal}}{M} \longrightarrow \underset{\text{ion métal chargé positivement}}{M^{n+}} + \underset{\text{électrons chargés négativement}}{ne^-}$$

Le passage de ces ions dans la solution est limité dans le temps car ils doivent vaincre la répulsion des ions qui se trouvent déjà en solution ainsi que l'attraction des électrons en excès qui chargent négativement le métal. Par conséquent, la dissolution d'un métal ne devrait pas s'accomplir à une échelle mesurable. Cependant, il en est tout autrement si les électrons restant dans le métal et les ions positifs passés en solution peuvent être neutralisés. Dans ce cas, le processus de dissolution pourra se poursuivre. Ainsi dans un milieu acide, les ions hydrogène H^+ peuvent neutraliser les électrons apparus à la surface métallique suivant la réaction.

$$2e^- + 2H^+ \longrightarrow H_2 \text{ (molécule d'hydrogène)}$$

En milieu neutre ou basique, c'est l'oxygène dissous qui intervient et la réaction s'écrit alors :

$$2e^- + H_2O + \tfrac{1}{2}O_2 \longrightarrow 2\,(OH)^- \text{ (ions hydroxyle)}$$

Des réactions analogues peuvent avoir lieu avec n'importe quel autre oxydant apte à fixer des électrons.

Dans le cas qui nous occupe, l'électrolyte est, répétons le, l'eau du réseau, c'est-à-dire une eau potable qui, selon les normes, doit contenir au minimum 5 mg d'oxygène par litre. De plus, cette eau est sans cesse renouvelée dans le réseau de distribution.

Les ions métalliques passés en solution d'après le mécanisme ci-dessus sont ensuite véhiculés par l'eau de la conduite et peuvent entrer en contact avec une autre surface métallique. De cette façon, des ions cuivre peuvent se déposer sur le zinc et provoquer l'apparition de micropiles dans lesquelles le zinc, électrochimiquement moins noble que le cuivre, se corrode suivant la réaction :

$$\underset{\text{zinc métal}}{Zn} + \underset{\text{ions cuivre}}{Cu^{2+}} \longrightarrow \underset{\text{ions zinc}}{Zn^{2+}} + \underset{\text{cuivre métal}}{Cu}$$

Ces dépôts de cuivre se font généralement sur des sites préférentiels (aspérités, pics microscopiques à la surface du métal, coudes et nourrices d'alimentation). Les quantités nécessaires sont très faibles. Des teneurs inférieures à 0,1 mg par litre pour une eau ayant une dureté de 12°F [1]

[1] °F = degré français.

sont recommandées afin d'éviter tout risque de corrosion (selon norme DIN 50-930).

Au couple cuivre-zinc se superpose ensuite le couple zinc-fer. Le fer plus noble que le zinc, du moins jusqu'à une température d'environ 60°C, va accélérer la dissolution de ce dernier, puis se corroder à son tour. Le résultat final sera le passage progressif du fer à l'état de rouille.

En définitive, le tube galvanisé présente un faciès de corrosion très caractéristique. Sa surface est recouverte ça et là de bourgeonnements de rouille recouvrant des pénétrations très importantes pouvant conduire à des perforations. Ces dernières apparaissent fréquemment dans les deux années qui suivent la mise en service de l'installation.

Remarques

a) L'oxygène n'intervient pas seulement dans le processus de dissolution d'un métal. Il joue un rôle important dans le phénomène de dépolarisation cathodique. De plus, sa présence est indispensable pour la formation des produits de corrosion et principalement de la rouille. L'exemple des installations de chauffage central est typique. L'eau y circule en circuit fermé et l'oxygène dissous s'épuise peu à peu. Quelque soit la nature des métaux employés, la corrosion s'arrête d'elle-même.

b) Le cuivre existe dans les eaux naturelles à l'état de traces. Mais sa concentration est si faible que celui-ci ne joue aucun rôle dans le processus corrosif.

c) Les aciers servant à la fabrication des tubes galvanisés sont principalement des aciers de récupération. Leur teneur en cuivre peut atteindre 0,2 % environ. Ce cuivre ne joue aucun rôle dans le processus primaire d'attaque mais il rend son analyse délicate du fait que de faibles quantités de cet élément suffisent pour amorcer la corrosion.

2. Principaux facteurs influençant la corrosion

La corrosion de l'acier galvanisé en présence de cuivre ou de ses alliages n'est pas systématique. Elle dépend d'un nombre important de facteurs qui facilitent ou quelquefois ralentissent le processus. Parmi ceux-ci, examinons ceux dont l'influence est prépondérante.

a) *Eau*

L'eau est l'élément indispensable dans le développement et la propagation du processus corrosif. C'est le milieu ionisant et réactif. Sa composition est primordiale et conditionne l'opportunité et le choix d'un traitement contre l'entartrage et la corrosion.

L'élément dominant des eaux potables est le calcium. C'est l'élément qui, avec le magnésium, définit la dureté totale d'une eau. Celle-ci est donnée en degrés (rappelons qu'un degré français correspond à 10 mg de carbonate de calcium par litre).

Le calcium existe surtout à l'état de bicarbonate grâce à l'action du gaz carbonique dissous dans l'eau et équilibrant la réaction :

$$\underset{\text{carbonate de calcium (insoluble)}}{CaCO_3} + H_2O + CO_2 \rightleftarrows \underset{\text{bicarbonate de calcium (soluble)}}{Ca(HCO_3)_2}$$

Cet équilibre est fondamental. Les modifications de celui-ci peuvent influencer le développement de la corrosion. Ainsi, l'élévation de la température s'accompagne d'une diminution de la solubilité des gaz dissous, notamment du gaz carbonique (et de l'oxygène). L'équilibre est déplacé vers la gauche et les bicarbonates sont dissociés en carbonates et en anhydride carbonique. Avec les eaux de dureté moyenne (12-15°F), le carbonate de calcium, presque totalement insoluble, forme un dépôt compact et protecteur pouvant freiner considérablement la corrosion, voire même l'empêcher. Cependant, une dureté élevée entraîne la formation de tartre particulièrement gênant pour l'installation, surtout pour les chaudières.

Les traitements des eaux perturbent également cet équilibre. Ils ont pour but d'éviter la formation de tartre à l'intérieur des installations. Ils consistent à adoucir l'eau par passage sur des résines échangeant les ions calcium contre des ions sodium ou à séquestrer ces ions calcium sous forme de complexes solubles ; les séquestrants les plus connus étant les polyphosphates. Ces traitements devraient être faits avec discernement car en plus d'éviter la précipitation du carbonate de calcium, ils peuvent libérer du gaz carbonique, agressif dans certains cas.

En dehors des bicarbonates de calcium et magnésium, l'eau contient également de l'oxygène, déjà mentionné, et des composés minéraux dont les principaux sont les sulfates et les chlorures de calcium, de magnésium, de sodium et de potassium. En outre, elle renferme des substances organiques solubles. Ces dernières ainsi que les chlorures et les sulfates interviennent probablement dans le mécanisme de dissolution du cuivre.

b) *Température*

Elle est un facteur d'accélération de tous les phénomènes de corrosion. En outre, elle modifie le comportement électrochimique du zinc. Celui-ci, jusqu'à une température d'environ 60°C, est plus électropositif que le fer. Mais au-delà de cette température, il peut devenir plus noble. Ce changement de comportement est appelé inversion de potentiel du zinc. Les eaux riches en carbonates favorisent ce changement de polarité tandis que celles qui sont riches en chlorures et en sulfates diminuent cette tendance.

Dans ces conditions, le zinc ne joue plus son rôle d'anode sacrificielle mais accentue la corrosion du fer et favorise la formation de piqûres.

c) *Sens de circulation de l'eau*

Il est conseillé d'éviter de placer le cuivre en amont de la tuyauterie en acier galvanisé. Dans la pratique, ce sens de circulation est peu fréquent et seules les parties terminales du réseau d'alimentation sont en métal noble. Cependant, pour des raisons de commodité pour l'usager, l'eau chaude est recyclée sur certaines installations. Ceci est réalisé par l'intermédiaire d'une pompe de circulation placée sur une conduite reliant la colonne montante à l'appareil de chauffe. Ce dispositif offre l'avantage de maintenir l'eau chaude à une température convenable. Malheureusement, il peut « injecter » des ions cuivre dans l'ensemble de la tuyauterie.

d) *Autres facteurs*

Le rapport des surfaces [1] cuivre/zinc joue un rôle non négligeable dans l'évolution de la corrosion. Plus ce rapport est élevé, plus les risques sont grands par suite d'un apport plus important d'ions cuivre. Sur les circuits d'eau froide, la multiplicité de vannes et de robinets en laiton ou en bronze sur un faible tronçon de l'installation est

[1] De la même manière, le rapport de surfaces cathode/anode d'une pile de corrosion détermine fréquemment la rapidité de l'attaque. A petite anode et grande cathode correspond une attaque rapide due à une forte densité de courant.

souvent la cause d'une détérioration locale du réseau de distribution.

Parmi les autres facteurs susceptibles d'influencer la corrosion, voire son développement, citons l'état de surface des matériaux en présence (rugosité, inclusions superficielles, etc.).

En résumé, le mécanisme de la corrosion de l'acier galvanisé en présence de cuivre ou de ses alliages est relativement simple. Son évolution dans le temps est plus complexe par suite de l'interférence de nombreux facteurs conduisant, selon les cas, soit à un ralentissement du phénomène, voire même à un bloquage, soit à une détérioration rapide de tout ou partie d'une installation.

3. Moyens de lutte

La lutte contre ce type de corrosion est limitée par des raisons économiques et des raisons de potabilité. En effet, l'eau doit conserver les caractéristiques d'une eau potable, ce qui exclut l'emploi de traitements efficaces (dégazage, désoxygénation, utilisation de certains inhibiteurs). De plus, le coût de l'installation écarte l'emploi de matériaux plus résistants mais chers. Ces restrictions limitent donc les moyens mis à la disposition de l'installateur.

Notre but n'est pas de proposer un remède miracle, qui n'existe pas, mais de donner des conseils afin de diminuer, dans la mesure du possible, les cas de corrosion.

Tout d'abord, *il faut éviter au maximum l'association de métaux différents*. Cela n'est pas toujours possible du fait que la presque totalité des vannes et des robinets sont en laiton ou en bronze, mais leur limitation ainsi que leur substitution partielle par des vannes et robinets construits en d'autres matériaux (acier inoxydable, par exemple) devraient limiter les risques, notamment sur les circuits d'eau froide. Par ailleurs, le problème de la distribution d'eau chaude devrait être « repensé ». L'emploi exclusif de cuivre augmente le prix de l'installation, mais diminue dans une large mesure les dangers de détérioration, donc de remise en état. Une étude de prix de revient tenant compte du matériau, de la pose et des frais d'exploitation serait fort utile en la matière. Une autre réalisation envisageable est celle qui consisterait à n'utiliser que le tube galvanisé et à choisir judicieusement les vannes, robinets et raccords.

Parmi les autres solutions, *la limitation de la température de l'eau en dessous de 60°C* serait souhaitable. Elle éviterait le domaine de changement de polarité du zinc et permettrait une économie.

Les traitements d'eau devraient être faits avec discernement en s'appuyant sur des analyses répétées, et non de façon trop systématique et irrationnelle. Parmi ceux-ci, signalons le traitement aux silicates de sodium, susceptible de prolonger la durée de vie d'un réseau pour autant qu'il soit bien appliqué.

Enfin, *la rationalisation des installations par l'emploi de gaines techniques et la mise en place de témoins permettant de contrôler l'état de la conduite* devraient faciliter la visite et la remise en état à moindre frais.

Adresse de l'auteur :

Michel Colin, chimiste
Département des matériaux
Institut des métaux et des machines
Ecole polytechnique fédérale
Chemin de Bellerive 34
1007 Lausanne

Utilisation de l'énergie géothermique pour le chauffage des locaux en Suisse — Perspectives et problèmes

par FELICE JAFFÉ, MICHEL CUÉNOD et ROGER VERCELLINI, Genève

1. Introduction

La consommation totale d'énergie en Suisse a atteint 190 TWh en 1974.

Le tableau I récapitule la répartition en 1974 des différentes sources d'énergie primaire qui ont été utilisées [16][1].

On peut déduire de ce tableau que le chauffage des locaux et la préparation d'eau chaude sanitaire absorbent environ 45 % de l'énergie consommée en Suisse, et que ce chauffage est presque exclusivement assuré par l'importation de combustible fossile.

Cette énergie de chauffage consommée annuellement correspond à environ 85 TWh, à savoir 73 000 Tcal [2].

En admettant un pouvoir calorifique de 9 Gcal par tonne de fuel, ce chauffage nécessite 8,1 mio de tonnes de fuel. Au prix de 300 fr./t, ce chauffage coûte en combustible environ 2,4 milliards de francs, à savoir environ 400 fr. par habitant et par an.

D'autre part, ce chauffage est une des principales sources de pollution de l'atmosphère de nos villes.

La teneur en soufre du mazout avait été limitée dès le 1er janvier 1974 par le Département fédéral de l'intérieur à 0,3 % en poids pour le fuel léger, et à 1,5 % pour le fuel

TABLEAU I

Répartition de l'utilisation en Suisse des différentes sources d'énergie en 1974 [16]

	En %
Electricité	
— Hydro-électrique	15,2
— Nucléaire	3,2
— Thermique à combustible classique	1,0
Combustibles fossiles	
— Fuel et gaz pour le chauffage [1]	53,2
— Fuel pour le transport	22,7
— Autre (charbon)	3,5
Bois	1,2
Total	100,0

[1] Dont environ 45 % pour le chauffage des bâtiments.

[1] Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie en fin d'article.

[2] Nous rappelons les facteurs de conversions suivant :
Unités d'énergie : 1 Tcal = 10^3Gcal = 10^6 thermies = 10^9kcal = 1162 MWh = 1,162 GWh = 4,1868 TJ ;
Unités de puissance : 1 TW = 10^3GW = 10^6 MW = 860 Tcal/h ;
Unité de flux de chaleur : 1 HFU (Heat flow unit) = 10^{-6} cal/cm^2·s = 41,8 mW/m^2.