

## **Czynniki wpływające na korozję stali nierdzewnych stosowanych w systemach rozprowadzania i magazynowania wody.**

Stale nierdzewne (odporne na korozję) są stosowane jako materiał na rury, kształtki i zbiorniki w systemach rozprowadzania wody w budynkach oraz innych systemach wodnych. Odporność na korozję wyrobów wytwarzanych ze stali nierdzewnej zanurzonych w wodzie wynika z obecności na ich powierzchni cienkiej warstwy pasywnej. Stale nierdzewne w systemach wodnych są na ogół odporne na korozję, chociaż w pewnych warunkach narażone są na uszkodzenia korozyjne.

Gatunki stali nierdzewnych, jakie są stosowane a także gatunki, które mogą być brane pod uwagę, jako materiały do budowy instalacji dostarczających wodę podano w normie EN 10312. Zgodnie z tą normą należą do nich gatunki:

- ferrytyczne: EN 1.4510 (AISI 439), 1.4511, 1.4521 (AISI 444);
- austenityczne: EN 1.4307 (AISI 304L), 1.4306 (AISI 304L), 1.4301 (AISI 304), 1.4541 (AISI 321), 1.4404 (AISI 316L), 1.4401 (AISI 316), 1.4571 (AISI 316Ti), 1.4432 (AISI 316L), 1.4436 (AISI 316), 1.4435 (AISI 316L), 1.4439 (AISI 317LMN), 1.4539 (AISI 904L), 1.4547, 1.4529;
- austenityczno – ferrytyczne: EN 1.4362 (ASTM 2304) i 1.4462 (ASTM 2205).

Stale nierdzewne pracujące w systemach magazynowania i rozprowadzania wody mogą ulegać korozji wżerowej, szczelinowej, naprężeniowej, nożowej oraz korozji zmęczeniowej.

### *Korozja wżerowa*

Wystąpienie korozji wżerowej stali nierdzewnych będących w kontakcie z wodą zależy od kilku czynników: związanych z materiałem metalowych, parametrami wody oraz warunkami eksploatacyjnymi instalacji.

Ryzyko wystąpienia korozji wżerowej stali nierdzewnych spada wraz ze wzrostem stężenia chromu, molibdenu i azotu w stali. Jest ono zdecydowanie wyższe w przypadku stali wzbogaconych siarką (np. automatowych stali nierdzewnych).

Nie bez znaczenia jest także stan powierzchni materiału. Ryzyko wystąpienia korozji wżerowej na czystych powierzchniach metalowych jest najmniejsze. Mechaniczne uszkodzenie powierzchni (np. zarysowanie) zwiększa podatność stali nierdzewnych na korozję wżerową i naprężeniowe pękanie korozyjne (korozję naprężeniową). Ponadto wbite w powierzchnię cząstki stali czarnych mogą pełnić rolę małych anod w ogniwach korozyjnych, gdzie katodę stanowi stal nierdzewna. Podczas rozpuszczania tych anod miejscowe stężenie jonów chlorkowych wzrasta w wyniku migracji jonów i w związku z tym zwiększa się również ryzyko wystąpienia korozji wżerowej.

Kolejnym, równie niebezpiecznym zjawiskiem jest uwrażliwienie stali w wyniku nieprawidłowej obróbki cieplnej lub procedury spawania, podczas których materiał pozostaje przez dłuższy czas wygrzany w temperaturze 500°C do 800°C, co powoduje wydzielenia na granicach ziaren węglików bogatych w chrom i w konsekwencji prowadzi do zubożenia w ten pierwiastek miejsc znajdujących się w sąsiedztwie granic ziaren.

Prawdopodobieństwo wystąpienia korozji wżerowej stali nierdzewnych wzrasta wraz ze stężeniem jonów chlorkowych w wodzie, jeżeli pozostałe warunki pozostają stałe. Ryzyko wystąpienia korozji wżerowej w przypadku stali nierdzewnych ferrytycznych i austenitycznych nie zawierających molibdenu w zimnej wodzie jest wysokie, gdy stężenie jonów chlorkowych przekracza 6 mmol/l. W przypadku wody gorącej granica stężenia jonów chlorkowych dla tych stopów jest niższa, wynosi nawet mniej niż 1,5 mmol/l.

Ryzyko wystąpienia korozji wżerowej i korozji szczelinowej zwiększa się w wyniku wad powstałych w procesie spawania, takich jak osiadanie metalu spoiwa, niepełna spoina, nieliniowość krawędzi, otwarte pory, rozpryskiwanie metalu spoiny, pozostałości żużlu zarówno na materiale spawu, jak i na podłożu. Podczas procesu spawania mogą tworzyć się warstwy tlenków i zgorzeliny, co również znacznie zwiększa ryzyko wystąpienia korozji wżerowej. Powstałe warstwy tlenkowe można usunąć poprzez wytrawianie (czynnikami trawiącymi nie zawierającymi kwasu chlorowodorowego), szlifowanie drobnoziarniste lub kulowanie, np. szklanymi kulkami.

Na wystąpienie korozji wżerowej stali nierdzewnych stosowanych w systemach rozpraszania wody mają wpływ także warunki eksploatacji systemu. Ryzyko wystąpienia korozji wżerowej zwiększa się wraz ze wzrostem temperatury. Dodatkowo na powierzchniach, na których kierunek przenoszenia ciepła przebiega od metalu do wody na ściankach mających wysoką temperaturę szczególnie, gdy lokalnie pojawia się wrzenie, ryzyko wystąpienia korozji wżerowej znacznie się zwiększa. Występowaniu korozji wżerowej sprzyjają również warunki zastoju. Przy bardzo dużych szybkościach przepływu wody ryzyko wystąpienia korozji wżerowej jest bardzo ograniczone.

#### *Korozja szczelinowa*

Szczeliny powstałe między dwoma powierzchniami zarówno z materiałów metalowych i jak i między materiałem metalowym a polimerowym (uszczelniania) mogą spowodować utworzenie się ogniwa stężeniowego, co z kolei może prowadzić do wystąpienia korozji wżerowej wewnątrz szczeliny. Zjawisko korozji szczelinowej zazwyczaj występuje przy niższych stężeniach chlorków lub w niższych temperaturach niż korozja wżerowa na odsłoniętych powierzchniach.

Wpływ parametrów wody na wystąpienie korozji szczelinowej jest podobny jak w przypadku korozji wżerowej. Stale nie zawierające molibdenu mogą ulegać korozji szczelinowej nawet wtedy, gdy stężenie jonów chlorkowych w całym roztworze jest znacznie niższe od wartości podanych dla korozji wżerowej.

Decydujący wpływ na korozję szczelinową ma prawidłowo wykonany projekt instalacji. Projekt, który dopuszcza występowanie szczelin, powoduje zwiększenie ryzyka wystąpienia korozji szczelinowej. Szczeliny o szerokości większej niż 0,5 mm nie są na ogół krytyczne, jednak poza szerokością szczeliny istotna jest także ich głębokość. Niebezpieczeństwo wystąpienia korozji wzrasta także, jeżeli zostaną zastosowane materiały uszczelniające, z których mogą być wymywane jony chlorkowe w ilości przekraczającej ułamek masowy 0,05%. Z doświadczalnych obserwacji wynika, że podatność na korozję szczelinową znacznie wzrasta, gdy gwinty wykonane ze stali nierdzewnej stykają się z taśmami z tworzywa sztucznego.

Konstrukcja, która dopuszcza powstawanie warunków zastoju (np. ślepo zakończone przewody) lub bardzo mały przepływ, również powoduje wzrost ryzyka wystąpienia korozji szczelinowej. Osady mogą się tworzyć z materiałów, które przedostały się do rur podczas robót instalacyjnych, a zastosowanie filtrów wody w instalacji znacznie zmniejsza ryzyko wystąpienia korozji.

Obecność osadów, szczególnie w warunkach przedłużającego się zastoju wody (np. w rurach prowadzących do kranów, które nie są często używane), zwiększy ryzyko wystąpienia korozji. Ryzyko to jest znacznie mniejsze w wodach przepływających, z powodu występującego ruchu cząstek.

#### *Korozja naprężeniowa*

Korozja naprężeniowa charakteryzuje się występowaniem pęknięć powstałych na skutek jednoczesnego oddziaływania czynników korozyjnych i naprężeń rozciągających, (na które składają się naprężenia szczątkowe, konstrukcyjne, robocze i naprężenia termiczne). Ten typ korozji nie występuje w systemach z zimną i umiarkowanie ciepłą wodą.

W instalacjach, gdzie stosuje się austenityczne stale nierdzewne, pęknięcia śródkrystaliczne mogą być zapoczątkowane jedynie w miejscach oddziaływania korozji wżerowej, szczelinowej i korozji nożowej. Pęknięcia na skutek korozji śródkrystalicznej mogą powstać w wyniku naprężeń zmęczeniowych (korozja zmęczeniowa).

Ryzyko wystąpienia korozji naprężeniowej austenitycznych stali nierdzewnych znacznie zmniejsza się wraz ze wzrostem stężenia niklu w stali. Pękanie korozyjne naprężeniowe w omawianych instalacjach jest wywołane korozją wżerową lub szczelinową, a sprzyja mu również obecność chromu, molibdenu i azotu. Występowanie korozji naprężeniowej w stalach nierdzewnych o strukturze dwufazowej typu duplex jest bardzo niewielkie, a stale o strukturze ferrytycznej są całkowicie odporne na ten rodzaj korozji.

Proces obróbki mechanicznej powierzchni przez kulowanie wytwarza naprężenia ściskające w obrębie powierzchni i zmniejsza szczątkowe naprężenia rozciągające, co w efekcie obniża ryzyko wystąpienia naprężeniowego pęknięcia korozyjnego. Wysokie stężenie jonów chlorkowych w wodzie sprzyja występowaniu korozji naprężeniowej.

Cechy projektu oraz wykonawstwa, które wprowadzają naprężenia rozciągające do materiału, mają wpływ na zachowanie się stali nierdzewnych pod względem odporności na korozję naprężeniową. Podczas budowy instalacji wprowadzenie do elementów naprężeń rozciągających może w połączeniu z oddziaływaniem czynników korozyjnych powodować naprężeniowe pękanie korozyjne. Przykładem obróbki, która wprowadza takie naprężenia jest usuwanie warstwy tlenków lub zgorzeliny z połączeń spawanych metodą szlifowania zgrubnego. W obszarze powierzchniowym materiału zwiększa się twardość i powstają resztkowe naprężenia rozciągające, które zwiększają ryzyko wystąpienia korozji naprężeniowej. Warstwa wierzchnia materiału poddana szlifowaniu może być usunięta za pomocą procesu wytrawiania.

Korozja naprężeniowa, czyli śródkrystaliczne pękanie korozyjne naprężeniowe będące wynikiem korozji wżerowej lub szczelinowej nie występuje w przypadku austenitycznych stali nierdzewnych, gdy temperatura ścianki elementów nie przekracza około 50°C.

#### *Korozja nożowa*

Korozja nożowa występująca w systemach rozprowadzania wody polega na utracie wiązania na skutek korozji selektywnej na granicy faz między stalą nierdzewną a niektórymi spoiwami na bazie srebra, stosowanymi w procesie lutowania twardego. Ten efekt występuje głównie na złączach lutowanych w warunkach utleniających z zastosowaniem topników. Okres ujawniania się korozji nożowej może być bardzo długi i trwać przez wiele lat bezawaryjnego użytkowania. W stanie zaawansowanym, w miejscach występowania korozji nożowej może pojawić się także korozja wżerowa.

Prawdopodobieństwo wystąpienia korozji nożowej na złączach lutowanych wzrasta wraz ze stężeniem jonów chlorkowych.

#### *Korozja zmęczeniowa*

Korozja zmęczeniowa charakteryzuje się pękaniem powstałym w wyniku jednoczesnego oddziaływania czynników korozyjnych i naprężeń cyklicznych. Pod względem zastosowanych materiałów nie jest znany wpływ składu materiału na ryzyko wystąpienia korozji zmęczeniowej. Duży wpływ ma plastyczność, gdyż prawdopodobieństwo wystąpienia korozji zwiększa się wraz ze wzrostem plastyczności wydzielonych obszarów znajdujących się wewnątrz obszarów o niższej plastyczności. Gładka powierzchnia znacznie zmniejsza ryzyko wystąpienia tego typu korozji.

W systemach z ciepłą wodą mogą wystąpić naprężenia cykliczne na skutek rozszerzania się i kurczenia pod wpływem ciepła. Zjawiska tego można uniknąć przez prawidłowy projekt i wykonawstwo instalacji. Czynniki geometryczne instalacji mogą także wpływać na występowanie korozji zmęczeniowej.

#### Literatura

- [1] PN-EN 10312, Rury ze szwem ze stali odpornej na korozję do transportu wody i innych płynów wodnych. Warunki techniczne dostawy.
- [2] PN-EN 12502-4: 2006, Ochrona materiałów metalowych przed korozją. Wytyczne do oceny ryzyka wystąpienia korozji w systemach rozprowadzania i magazynowania wody. Część 4: Czynniki oddziałujące na stale odporne na korozję