

Przyczyny korozji ocynkowanych rur stalowych stosowanych w systemach rozprowadzania i magazynowania wody

Dr hab. inż. Maria Fiertak, prof. PK, dr inż. Dominika Dębska, Politechnika Krakowska

1. Wprowadzenie

Eksploracja rur cynkowanych stosowanych w systemach rozprowadzania i magazynowania wody prowadzi do powstania warstwy składającej się z produktów korozji, która może mieć właściwości ochronne, albo może prowadzić do przyspieszenia procesów korozji z wytworzeniem produktów wpływających również negatywnie na jakość wody. Właściwości antykorozyjne w długim okresie czasu są w znacznym stopniu wyznaczone przez tworzenie się omawianej warstwy ochronnej w początkowym okresie eksploatacji rur. Ryzyko wystąpienia korozji rośnie w przypadku, gdy powstawanie warstwy ochronnej jest w jakimkolwiek stopniu zakłócone lub zahamowane.

Powłoka metaliczna zabezpieczająca rury z reguły wytwarzana jest podczas cynkowania zanurzeniowego [1]. Nie jest ona warstwą jednorodną, lecz zawiera cynk i różne fazy stopu cynk-żelazo. Po pewnym czasie użytkowania, w skład produktów korozji wchodzi również związek żelaza. Ze względu na większą rozpuszczalność związków cynku niż związków żelaza, warstwa wierzchnia zawiera rdzę jako jeden z produktów korozji.

W ocenie stopnia zniszczenia rur należy uwzględnić wpływ jakości materiału (w tym głównie grubości i szczelności powłoki ochronnej), charakterystyki oddziałującego środowiska oraz jakości wykonawstwa i warunków eksploatacji instalacji. Przyczyn zniszczenia rur w postaci głównie korozji wżerowej można upatrywać w każdym z wymienionych obszarów, przy czym dominujący mechanizm w układach zimnej wody użytkowej, ciepłej wody użytkowej i ciepłej wody grzewczej (cyrkulacji) jest nieco inny [2, 3].

Poniżej przedstawiono podstawowe czynniki sprzyjające korozji stalowych rur ocynkowanych.

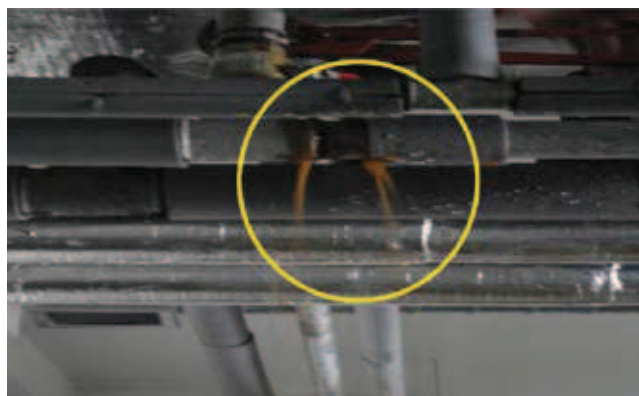
2. Czynniki sprzyjające korozji stalowych rur ocynkowanych

Wpływ temperatury [4]. Na ryzyko wystąpienia korozji wżerowej ma przede wszystkim wpływ temperatura transportowanej wody, której wzrost powoduje zwiększoną podatność na tworzenie się pęcherzy w powłoce cynkowej. W obrębie pękniętych pęcherzy bardzo często tworzą się obszary anodowe. Temperatura ma również wpływ na reakcję katodową polegającą na zwiększeniu redukcji tlenu. Związane jest to ze wzrostem grubości powierzchniowej warstwy tlenku cynku (stanowiącego katodę), który ma właściwości półprzewodnikowe. W związku z tym, podatność na korozję wżerową znacznie zwiększa się wraz ze wzrostem temperatury ciepłej wody.

szoną podatność na tworzenie się pęcherzy w powłoce cynkowej. W obrębie pękniętych pęcherzy bardzo często tworzą się obszary anodowe. Temperatura ma również wpływ na reakcję katodową polegającą na zwiększeniu redukcji tlenu. Związane jest to ze wzrostem grubości powierzchniowej warstwy tlenku cynku (stanowiącego katodę), który ma właściwości półprzewodnikowe. W związku z tym, podatność na korozję wżerową znacznie zwiększa się wraz ze wzrostem temperatury ciepłej wody.



Rys. 1. Wżery w rurach transportujących zimną wodę



Rys. 2. Woda zanieczyszczona produktami korozji rur



Rys. 3. Korozyja rur ocynkowanych transportujących ciepłą wodę użytkową



Rys. 4. Korozyja rur ocynkowanych transportujących ciepłą wodę w systemie ogrzewania

W zależności od temperatury wody w rurach ocynkowanych mogą pojawić się dwa typy korozji wżerowej.

W systemie z zimną wodą ($t_{\text{H}_2\text{O}} < 35^\circ\text{C}$), korozja wżerowa objawia się głównie przez tworzenie się wżerów spowodowanych powstawaniem ogniwa korozyjnego w wyniku różnego napowietrzenia (pod osadami) lub kontaktu z bardziej szlachetnym metalem (otwarty kontakt cynk-żelazo), co pokazano na konkretnym przykładzie na rysunku 1. Po przebiciu istniejącej warstwy cynku, woda zostaje zanieczyszczona produktami korozji żelaza, które mogą być odrywane i niesione przez strumień wody. W takim przypadku potwierdzona analitycznie zawartość żelaza wzrasta od wartości średniej $0,090 \text{ mg Fe}_{\text{całk}}/\text{dm}^3$ wody do wartości przekraczającej iloczyn rozpuszczalności, czemu towarzyszy wytrącenie rdzawego osadu (rys. 2).

Korozja wżerowa w ciepłej wodzie ($t_{\text{H}_2\text{O}} > 35^\circ\text{C}$) charakteryzuje się występowaniem wżerów o wyraźnych granicach w obrębie nieskorodowanego obszaru (rys. 3, 4). Wżery rozwijają się w istniejących lub powstałych w okresie korozji defektach powłoki metalowej, na ogół pod osadami. Ogniwo korozyjne powstaje pomiędzy cynkiem i tlenkiem cynku, który łatwo tworzy się w ciepłej wodzie. Jego półprzewodnikowe właści-

wości zwiększają katodową redukcję tlenu, co stanowi układ mniej korzystny niż otwarty kontakt żelaza z cynkiem. Zapoczątkowanie korozji wżerowej w ciepłej wodzie jest często spowodowane tworzeniem się pęcherzy związanych z wydzieleniem wodoru. Wytworzony wodór jest adsorbowany na powierzchni faz cynk-żelazo i powoduje oddzielenie się powłoki. Wskutek różnego napowietrzenia nowo powstałych ogniw, w obszarach pękniętych pęcherzy tworzą się lokalne anody. Wpływ korozji wżerowej na jakość wody jest podobny do skutków długotrwałej korozji wżerowej w zimnej wodzie lecz obserwowane zmiany pojawiają się w znacznie krótszym czasie.

Opisany wyżej mechanizm dotyczy zarówno instalacji ciepłej wody użytkowej, jak i ciepłej wody grzewczej (cyrkulacji).

Korozji wżerowej sprzyjają też nagłe zmiany temperatury wody. Mogą one powodować odpryskiwanie produktów korozji ze względu na różną rozszerzalność termiczną metalu podłoża i warstw korozyjnych.

Na rozwój procesów korozji mają wpływ warunki przepływu, w tym głównie zastój wody sprzyjający tworzeniu się lokalnych anod. Ponowny przepływ wody ułatwia transport tlenu przyczyniając się do rozwoju korozji wżerowej.

Wpływ chropowatości powierzchni wewnętrznej oraz stanu szwu spawalniczego [4]. Niezależnie od temperatury użytkowania systemu rozprowadzania wody, czynnikiem sprzyjającym rozwojowi zniszczenia powierzchni wewnętrznej rur ocynkowanych jest chropowatość. Powierzchnia chropowata z powodu swojej niejednorodności jest bardziej podatna na tworzenie się lokalnych anod niż powierzchnia gładka (rys. 5).

Następnym czynnikiem krytycznym może być stan wewnętrznego szwu spawalniczego, którego nieregularny kształt może doprowadzić do powstania obszarów anodowych. Norma PN-EN 12502-3:2006 [4] zaleca, aby kształt wewnętrznego szwu spawalniczego był regularny.

Wpływ parametrów wody [4]. Właściwości i stężenie anionów w wodzie napełniającej systemy rozprowadzania i magazynowania mają duży wpływ na cząstkową reakcję anodową. Jony chlorkowe, azotanowe i siarczanowe, które migrują do anody w polu elektrycznym ogniwa korozyjnego przyspieszają procesy korozji. Obecne w wodzie jony wodorowęglanowe, co prawda inhibują ten proces, lecz nie są w stanie zbuforować środowiska kwaśnego powstałego wewnątrz wżerów. Wzrost temperatury przyspiesza intensywność zniszczenia powłoki cynkowej. Podstawą oceny wystąpienia korozji dla materiałów żelaznych ocynkowanych jest wartość wskaźnika S_1 uwzględniająca zawartość w wodzie chlorków $c(\text{Cl}^-)$, azotanów $c(\text{NO}_3^-)$, siarczanów $c(\text{SO}_4^{2-})$ i wodorowęglanów $c(\text{HCO}_3^-)$, zgodnie z zależnością [5]:

$$S_1 = \frac{c(\text{Cl}^-) + c(\text{NO}_3^-) + 2c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{HCO}_3^-)} \quad (1)$$

Zgodnie z normą PN-EN 12502-3:2006 [4] ryzyko wystąpienia korozji jest mało prawdopodobne gdy $S_1 < 0,5$, a bardzo prawdopodobne gdy $S_1 > 3$.

W badaniach laboratoryjnych, podczas kontaktu wyinków rur z wodą wodociągową, stwierdzono zmiany jakości wody, co potwierdza wzajemne oddziaływanie na siebie wody wodociągowej i ocynku. W wodzie zaobserwowano zarówno wzrost mętności, jak i zawartości jonów cynku. Przyrost zawartości jonów cynku w wodzie w każdym kolejnym tygodniu badań wzrastał i wynosił w pierwszym tygodniu kontaktu z wodą około $1 \text{ mg Zn}^{2+}/\text{dm}^3$ i $1,6 \text{ mg Zn}^{2+}/\text{dm}^3$ w 4 tygodniu badań. Szybkość ubytku cynku należy więc szacować na około $6 \mu\text{m}/\text{rok}$.

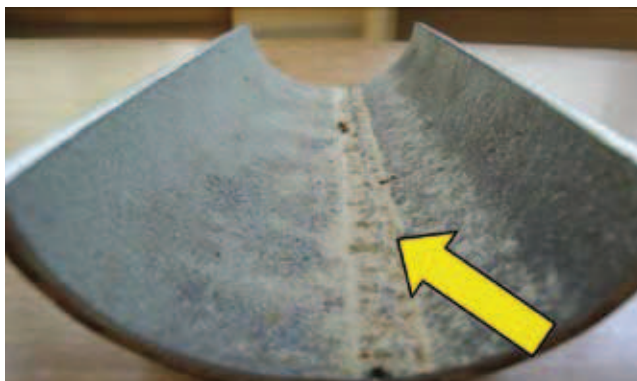
Wpływ wykonawstwa [4]. Rozwojowi procesów korozyjnych sprzyja obecność cząstek substancji stałych, skutkująca powstawaniem obszarów (plam) anodowych wewnątrz rur ocynkowanych. Osady cząstek stałych mogą pochodzić zarówno z sieci zasilającej, jak i mogą być nieumyślnie wprowadzone w czasie robót instalacyjnych podczas wykonywania połączeń gwintowanych. Przyspieszona korozja występuje wtedy na gwintach kształtek i złączek żeliwnych cynkowanych w pobliżu obciętego końca rury (rys. 6). Zniszczenie może być związane zarówno z użyciem zbyt dużej, jak i niedostatecznej ilości materiału uszczelniającego (np. konopi). W drugim przypadku zniszczenie spowodowane jest powstawaniem krytycznych szczelin na gwincie, przez co przyspieszane są procesy korozyjne w połączeniu.

Czynnikami sprzyjającym procesom korozji rur gwintowanych może być również stosowanie nierozpuszczalnych w wodzie cieczy chłodzących np. olei mineralnych, które powodują nierównomierne zwilżanie i powstawanie niejednorodnych warstw na powierzchni. Obszar pokryty olejem mineralnym może odgrywać rolę bardziej aktywnej katody niż obszar pokryty warstwą nieprzewodzących produktów korozji.

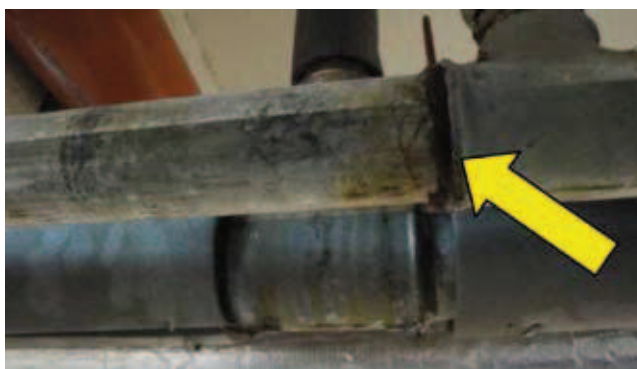
Jeżeli w trakcie robót instalacyjnych zostały wprowadzone do wnętrza rury inne substancje stałe, np.: piasek czy opiłki żelaza, w celu zapobieżenia korozji winny być one usunięte przez skuteczne przepłukanie rur (np. mieszaniną woda/powietrze pod ciśnieniem) natychmiast po pierwszym napełnieniu. Ponadto, jeżeli próba ciśnieniowa nie była wykonana prawidłowo, tzn. po odwodnieniu pozostały resztki wody, wówczas ryzyko wystąpienia korozji wżerowej wzrasta.

3. Podsumowanie

W podsumowaniu należy podkreślić, że przyczyny zniszczeń korozyjnych stalowych rur ocynkowanych są różnorodne, a ich oddziaływanie jest synergistyczne. Przeprowadzone badania laboratoryjne i obserwacje dotyczące ocynkowanych rur stalowych stanowiących instalacje rozprowadzania zimnej wody, ciepłej wody użytkowej i ciepłej wody grzewczej pozwalają stwierdzić, że:



Rys. 5. Chropowatość powierzchni oraz wewnętrzna strona szwu spawalniczego w rurach ocynkowanych



Rys. 6. Korozja w rurach z ciepłą wodą użytkową – okolice połączenia gwintowanego

1. Skuteczność ochronna powłoki cynkowej zależy w równym stopniu od grubości powłoki i szczelności zabezpieczenia [6]. Zgodnie z normą PN-H 74200:1998 [7] rury o średnicach DN15 ($\varnothing 40$) i większych o pogrubionej powłoce cynku, stosowane szczególnie w instalacji ciepłej wody (OC2) powinny charakteryzować się średnią jednostką masy cynku określaną sumarycznie z zewnętrznej i wewnętrznej powłoki, nie mniejszą niż $610 \text{ g}/\text{m}^2$. Odpowiada to średniej grubości powłoki wynoszącej na obu powierzchniach rury powyżej $42 \mu\text{m}$. W badanych rurach zróżnicowanie grubości powłoki [8, 9] było znaczne, a uzyskane wartości mieściły się w przedziale od 29 do $120 \mu\text{m}$, co świadczy o nierównomiernym pokryciu rur powłoką cynkową. Należy podkreślić, że zmierzona grubość powłoki obejmuje zarówno warstwę cynku, jak i produkty jego utleniania.
2. Czynnikiem sprzyjającym procesom korozji rur jest chropowatość powłoki co zaobserwowano po rozcięciu rur na wewnętrznej ich powierzchni.
3. Oddziałujące środowisko: skład chemiczny wody i temperatura w znacznym stopniu przyspieszają procesy korozji.
4. Wystąpienie silnej korozji wżerowej obserwowano w systemach rozprowadzania ciepłej wody po zaledwie 2,5-letnim okresie eksploatacji, co może świadczyć że temperatura eksploatacyjna wody przekraczała 60°C . Należy bowiem zaznaczyć, iż w temperaturze $> 60^\circ\text{C}$ następuje zmiana biegunowości pary Zn-Fe na nieko-

rzyć żelaza, zatem powłoki cynkowe okazują się nie tylko nieskuteczne, ale wręcz szkodliwe. Istotnym czynnikiem przyspieszającym omawiane procesy były również dobowe i sezonowe zmiany temperatury.

5. Procesy technologiczne podczas montażu, takie jak: gwintowanie rur, zabezpieczenie połączenia ze złączkami żeliwnymi oraz możliwość pozostawienia resztek wody w instalacji po jej przepłukaniu mogły zainicjować i w znacznym stopniu przyspieszyć rozpoczęte procesy korozyjne.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN ISO 14713:2000, Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych i żeliwnych. Powłoki cynkowe i aluminiowe. Wytyczne.
 [2] Chomicz D., Magazyn Instalatora, 8/2003
 [3] Perchuć M., Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 6/2008

[4] PN-EN 12502-3:2006, Ochrona materiałów metalowych przed korozją. Wytyczne do oceny ryzyka wystąpienia korozji w systemach rozpraszania i magazynowania wody. Część 3: Czynniki oddziałujące na materiały żelazne cynkowane zanurzeniowo

[5] Zalecenia dla projektantów instalacji zimnej i ciepłej wody wodociągowej oraz wodnych instalacji ogrzewczych w zakresie wyboru i łączenia materiałów, uwzględniające agresywność korozyjną wód wodociągowych w 53 miastach w Polsce, COBRTI Instal, Warszawa, 2001

[6] PN-EN 12502-1:2006, Ochrona materiałów metalowych przed korozją. Wytyczne do oceny ryzyka wystąpienia korozji w systemach rozpraszania i magazynowania wody. Część 1: Postanowienia ogólne

[7] PN-H 74200:1998, Rury stalowe ze szwem, gwintowane.

[8] PN-EN 13523-1:2002, Metale powlekane metodą ciągłą. Metody badań. Część 1: Grubość powłoki

[9] PN-EN ISO 2178:1998, Powłoki niemagnetyczne na podłożu magnetycznym. Pomiar grubości powłok. Metoda magnetyczna

XI MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA ENERGODOM 2012

Problemy projektowania, realizacji i eksploatacji budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię KRAKÓW – Politechnika Krakowska, 12–14 września 2012 r.

Główne bloki tematyczne przewidywane na Konferencji ENERGODOM 2012:

- Ciepłota i wilgotnościowa charakterystyka obudowy zewnętrznej budynku.
- Akustyka budowlana.

- Jakość środowiska wewnętrznego.
- Projektowanie budynków i symulacje komputerowe w budownictwie (sesja pod auspicjami IBPSA).
- Budownictwo energooszczędne jako element strategii zrównoważonego rozwoju.
- Niekonwencjonalne źródła energii i jej magazynowanie.
- Efektywnie energetyczne i inteligentne instalacje budowlane.
- Modernizacja budynków istniejących, audyt energetyczny i certyfikacja.
- Badania laboratoryjne i polowe budynków i ich komponentów.

Producent markowych konferencji oraz autorskich produktów dla środowiska architektoniczno-budowlanego.

degustacja na www.infoinvest.pl
tel. 22 532 14 00

Info Invest
branża o inwestycjach

Info Invest
pracownia eventów