

**P**odczas pracy instalacji w fabryce czekolady występują warunki, które potencjalnie mogą stanowić zagrożenie korozyjne dla stali wysokostopowych. Do najważniejszych można zaliczyć:

- wysoka temperatura rurociągu,
- połączenie instalacji ze stali nierdzewnej z instalacją ze stali zwykłej, miedzi, mosiądzu, miedzi,
- obecność cząstek stałych, co sprzyja



## Korozja rurociągów w fabryce czekolady

Stal nierdzewna charakteryzuje się naturalną obecnością na powierzchni bardzo cienkiej warstwy tlenków (1 do 2 nanometrów) składającej się głównie z tlenków chromu, nazywanej warstwą pasywną. Trwałość takiej warstwy na stali nierdzewnej może być utrzymana przez długi czas. W rzeczywistości, taka warstwa nie jest całkowicie trwała i w niektórych przypadkach następuje jej zniszczenie, co w efekcie wywołuje korozję. Firma Chimimeca Polska Sp. z o.o. - filia francuskiej grupy ChimimecaSAS, która od kilkudziesięciu lat specjalizuje się w obróbce chemicznej metali - oferuje szeroką gamę produktów do czyszczenia, trawienia i pasywacji stali nierdzewnych, aluminium i tytanu. Poniższy artykuł porusza problem korozji rurociągów nierdzewnych z płaszczem grzewczym produktu w fabryce czekolady, który firmie Chimimeca udało się rozwiązać.

Korozja ogólna charakteryzuje się tym, że powierzchnia stali pokrywa się warstewką produktów korozji zbliżoną wizualnie do typowych produktów korozji niestopowej stali

instalacją ze stali zwykłej, mosiądzu, miedzi. W przypadku stali stopowych eksploatowanych w okolicznościach, gdzie istnieją warunki do odtworzenia się warstewki pasywnej, praktycznie nie

powinna występować tego typu korozja.

Powstawanie warstewek produktów korozji na powierzchni stali wysokostopowej, prowadzi do wzrostu szorstkości

### Ilustracja 1: Korozja próbki dostarczonej przez producenta czekolady

powstaniu zagrożenia korozją,

- krótkie okresy postoju instalacji uniemożliwiające lub ograniczające proces „samo naprawiania” się warstwy pasywnej.
- używanie nieuzdatnionej wody wodociągowej w obiegach grzewczych.

Czynniki te mogą powodować, że stal wysokostopowa może ulegać korozji. Typem zaatakowania korozyjnego omawianej instalacji jest występowanie korozji ogólnej oraz wżerowej.

węglowej (rdzawy nalot). Zaatakowanie przyjmuje formę równomierną. Początkowo zaatakowanie przyjmuje formę zmiany połysku lub przebarwienia. Następnie zaczynają się pojawiać produkty korozji, które mogą być częściowo wypłukiwane podczas procedur mycia. Z rozwojem procesów korozyjnych warstwa produktów przyjmuje zwartą warstwę, której nie są w stanie usunąć środki myjące przeznaczone do usuwania osadów organicznych. Może być to spowodowane przez istnienie połączeń instalacji ze stali nierdzewnej z

STAINLESS STEEL STOCKHOLDER  
Antwerp Belgium

# ELAXA

PRIME AND SECONDS  
[WWW.ELAXA.COM](http://WWW.ELAXA.COM)  
[info@elaxa.com](mailto:info@elaxa.com)

We have a regular stock available in our warehouse for immediate delivery of following STAINLESS STEEL goods:

Plain qualities we deal in: AISI 304 - AISI 304L - AISI 316 - AISI 316L - AISI 316Ti - AISI 321 - AISI 430 - AISI 439 - AISI 439L - AISI 302 - AISI 302L - AISI 904 - AISI 904L - AISI 904 - AISI 904L, etc.

In case you have enquiries or offers for any other kind of quality or format in Stainless Steel, please do not hesitate to contact us, we are well placed to assist you for all grades and materials.

  
NARROW COILS

  
HR PLATES

  
HR/CR COILS

  
HR/CR SHEETS

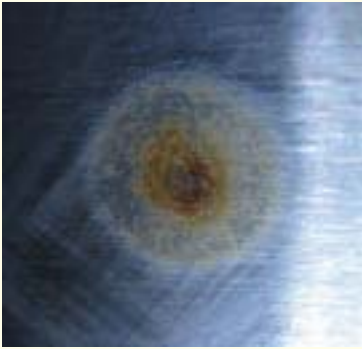
Address:  
Hofstraat 13  
B-2060 Kapellen Belgium

Tel: +32 (0) 217 11 40  
Fax: +32 (0) 216 21 82

Email: [info@elaxa.com](mailto:info@elaxa.com)

Main Website:  
General Manager:  
[man@elaxa.com](mailto:man@elaxa.com)





**Ilustracja 2: Przykład korozji wżerowej**

związek ze zjawiskami, jakie zachodzą podczas „samo naprawiania się” warstwy pasywnej. Po zastosowaniu środków myjących, które bardzo często mają w swoim składzie związki zawierające chlor, warstwa pasywna może nie odbudowywać się prawidłowo, czego skutkiem może być zwiększenie tendencji do powstawania produktów korozji lub rozpoczęcie procesów korozji lokalnej, zdecydowanie bardziej niebezpiecznych dla pracy instalacji.

#### **Korozja wżerowa**

Korozja wżerowa pow-

staje w obecności wilgotnego środowiska zawierającego jony halogenkowe, tj. jony chloru, bromu, jodu, na powierzchni stali nierdzewnej typu 304 (generalnie z przebarwieniem wokół). Wżery powstają w miejscach, gdzie warstwa pasywna jest najszabsza. Takie miejsca są powodowane przez cząstki wtrąceń MnS i zanieczyszczenia np. cząstkami żelaza. Jeżeli korozja wżerowa zostanie zapoczątkowana jest ją bardzo trudno zatrzymać. Wżery są samowystarczalne pod względem elektrochemicznym, to znaczy proces zachodzący we wżerze jest wystarczający do podtrzymania przebiegającej w nim reakcji i dalszego rozwijania się

wżeru. Korozja wżerowa zachodzi, gdy metal atakowany jest tylko w pewnych miejscach powierzchni (korozja miejscowa), w skutek czego powstają w tych miejscach zagłębienia zwane wżerem - punktowy ubytek masy stali. Przebieg procesu korozji wżerowej związany jest z działaniem lokalnego ogniwa, które tworzy się pomiędzy dużą spasywowaną powierzchnią stali stanowiącą katodę, a miejscową zdepasywowaną strefą stanowiącą anodę. Szybkość rozpuszczania się metalu na anodzie jest bardzo duża, w konsekwencji czego następuje w bardzo krótkim czasie przebicie (perforacja) ścianek, bez większego ubytku masy poza zaatakowanym miej-



**NIRO** WENDEN GMBH  
TECHNIKA CIĘCIA I OBRÓBKI POWIERZCHNI

**ROSNĄCA KOMPETENCJA – SIŁA CAŁOŚCI**

Wraz z naszymi silnymi partnerami oferujemy stal nierdzewną we wszystkich wymaganych wymiarach i gatunkach oraz szerokie spektrum możliwości obróbki. Wyróżnia nas umiejętność szybkiej reakcji i wysoka elastyczność.

Wasz dostawca w stalach nierdzewnych, kwaso- i żaroodpornych oraz gatunkach specjalnych/stopy nikielowe.




Przedsiębiorstwo grupy  slovensan steel

**SPEKTRUM NASZYCH MOŻLIWOŚCI**

- Cięcie plazmowe
- Cięcie laserowe
- Cięcie strumieniem wody 3D
- Prostowanie
- Zaokrąglanie kątów
- Cięcie nożycą
- Szlifowanie na sucho
- Fazowanie krawędzi do spawania
- Usługi na zlecenie

**POSZERZONE USŁUGI**

- Frezowanie / wiercenie CNC
- Toczenie NC
- Wiertarka NC do średnicy 1050 mm
- Prostowanie maszynowe
- Maszynowe szlifowanie powierzchni

**NIRO Wenden GmbH**  
Glück-Auf-Weg 2 · 57482 Wenden  
Tel. +49 (0) 2762 9255-0  
Fax +49 (0) 2762 9255-20  
www.niro-wenden.de

Biuro handlowe w Katowicach  
ul. Jesionowa 9a · 40-159 Katowice  
tel. 32 3539470 · fax 32 3539469  
e-mail: bzelik@niro-wenden.de






**Ilustracja 3 : Próbka dostarczona przez producenta czekłady przed i po poddaniu odtlenianiu, usuwaniu korozji i pasywacji**

scem. Wyższa temperatura zwiększa prawdopodobieństwo występowania korozji wżerowej a także zwiększa jej szybkość.

1. Wzrost prawdopodobieństwa uszkodzeń następuje poprzez:

- wzrost zawartości jonów chloru, bromu, jodu,
- wzrost stężenia tlenu lub innych środków utleniających,
- podwyższenie temperatury,
- obecność drobnych cząstek stali węglowej, które pełnią funkcję anody i korodują bardzo szybko na powierzchni stali nierdzewnej.

2. Obniżenie prawdopodobieństwa uszkodzeń następuje poprzez:

- wzrost stężenia jonów  $SO_4$ , jak również  $NO_3$ ,
- dodatek substancji redukujących,
- filtrowanie wody dla usunięcia z niej zawiesin, które mogą powodować osady i stanowić schronienie dla bakterii, uzdatnianie lub sterylizowanie wody,
- użycie wody uzdatnionej w obiegach grzewczych.

Cechą charakterystyczną korozji wżerowej jest autokatalityczny tzn. samo przyspieszający przebieg rozwoju zainicjowanego wżeru. Ros-

nący wżer stwarza warunki sprzyjające dalszemu wzrostowi szybkości roztwarzania metalu.

### **Sposoby zapobiegania korozji**

1. Metodą najprostszą, chociaż niekoniecznie gwarantującą zakładaną skuteczność byłoby stosowanie materiałów konstrukcyjnych o większej odporności, jednakże pociąga to za sobą zwiększanie kosztów inwestycji ze względu na wysokie ceny stali wysokostopowych (zawierające duże ilości niklu i molibdenu).

2. Dlatego najlepszym sposobem ograniczenia problemów z korozją, szczególnie w przypadku już istniejących instalacji, jest prowadzenie profilaktyki antykorozyjnej, czyli procedur mających na celu odpo-

wiednie obchodzenie się z materiałem konstrukcyjnym już w czasie prowadzenia prac konstrukcyjnych oraz w procesie eksploatacji.

Warstwa pasywna po procesie montażu instalacji nie zawsze pokryta jest „warstwą pasywną”, mającą zakładane właściwości ochronne. Obróbka cieplna oraz mechaniczna prowadzi do powstania na powierzchni stali obszarów, gdzie tlenek chromu ulega dekompozycji, co prowadzi do utworzenia warstwy pasywnej o nieokreślonych właściwościach ochronnych (tęczowe przebarwienia na powierzchniach poddanych obróbce cieplnej). W wyniku prac montażowych na powierzchni stali wysokostopowej mogą pojawić się wtrącenia ze stali narzędziowej. W tych miejscach tworzy się ogniwo galwaniczne, stal niskostopowa - stal wysokostopowa (różnica potencjałów ok. 300 mV), którego praca prowadzi do powstania rdzawych nalotów na powierzchni konstrukcji. Ponadto, w miejscach wtrąceń war-

**chimimeca**

[www.chimimeca.pl](http://www.chimimeca.pl)

- KOMPLETNA GAMA PRODUKTÓW DO ODTŁUSZCZANIA, TRAWIENIA I PASYWACJI STALI NIERDZEWNYCH, ALUMINIUM I TYTANU
- CZYSZCZENIE CHEMICZNE INSTALACJI PRZEMYSŁOWYCH, RUROCIĄGÓW, ZBIORNIKÓW I URZĄDZEŃ
- WYPOSAŻENIE OCHRONNE I BEZPIECZEŃSTWO PRACY
- DORADZTWO TECHNICZNE
- TRAWIALNIA WANNA 7000 X 2000 X 1500 MM

CHIMIMECA POLSKA SP. Z O.O.  
ul. Zagórska 107a, 42-600 Tarnowskie Góry  
tel.: 48 32 450 86 22 fax: +48 32 450 86 24  
email: [biuro@chimimeca.pl](mailto:biuro@chimimeca.pl)



stwa pasywna nie powstaje i po wykorodowaniu stali niskostopowej może w tym obszarze rozpocząć się proces korozji lokalnej.

Jedną z metod ograniczenia korozji jest obróbka chemiczna powierzchni, prowadząca do uzyskania w sposób kontrolowany, na całej powierzchni wewnętrznej rur warstewki pasywnej. Ta operacja nazywana jest procesem pasywacji. Ważne jest, aby roztwór, którym wykonuje się zabieg pasywacji był o właściwym stężeniu oraz proces prowadzony był w odpowiedniej temperaturze.

Pasywacja powoduje następujące zjawiska:

- **S e l e k t y w n e** usunięcie części

wolnego żelaza Fe z warstwy pasywnej i zwiększenie w niej stężenia chromu Cr.

- Usunięcie z powierzchni wszystkich wtrąceń siarczków manganu MnS.

- Powierzchnia poddawana procesowi pasywacji powinna być czysta, pozbawiona osadów organicznych i nieorganicznych a także powinny być usunięte wszelkiego rodzaju wtrącenia z innych materiałów konstrukcyjnych.

3. Kolejny istotny czynnik to przewietrzanie instalacji. Tlen zawarty w powietrzu pozwala na wykorzystanie opisanego wcześniej zjawis-

ka samorzutnego odbudowywania się warstewki pasywnej do zwiększenia odporności stali na działanie środowisk agresywnych. Dlatego też, jeżeli są takie możliwości, dobrze jest po etapie mycia, prowadzenie okresowego przewietrzania instalacji.

4. Istotnym czynnikiem jest unikanie zawartości jonów chlorkowych w wodzie grzewczej.

### Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy zagrożenia instalacji można stwierdzić, że:

Wewnętrzne powierzchnie rur instalacji ulegają korozji ogólnej, która powstaje w wyniku oddziaływania agresywnego środowiska poddawanemu sterylizacji oraz korozji/erozji w wyniku obecności cząstek stałych występujących w podgrzewanym medium.

Z uwagi na wysoką temperaturę i niską zawartość tlenu, nie zachodzi proces naturalnego „samo naprawiania się” warstwy pasywnej.

Zachodzenie procesów erozyjnych wzmacnia procesy korozyjne i powoduje odkładanie się na ściankach rur trudno usuwalnych produktów korozji stali wysokostopowej.

Aby ograniczyć procesy korozyjne w instalacjach sterylizacyjnych należy:

- wykonać pasywację wewnętrznych powierzchni rur (sztuczne odbudowanie warstwy pasywnej),
- stosować przedmuchiwanie powietrzem instalacji podczas każdego postoju,
- używać wody uzdatnionej w obiegach grzewczych,
- e l i m i n o w a ć zawartość cząstek stałych w wodzie grzewczej.

Ilustracja nr 3 przedstawia zdjęcie próbki dostarczonej przez producenta czekolady. Obróbka polegała na odtlenianiu, usuwaniu korozji i pasywacji za pomocą odpowiednio dobranego produktu Chimimeca. Czas działania - 3h w temperaturze 20°C. Efekt - bardzo dobra czystość wizualna, brak śladów korozji i osadów, wyblyszczanie stali.



**Ilustracja 4:**  
**Fotografie próbki przed i po obróbce chemicznej**

#### Opracowano na podstawie:

- Materiały i instrukcje własne Chimimeca Polska Sp. z o.o. oraz Chimimeca SAS
- 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.
- Zagrożenia korozyjne instalacji sterylizacyjnych – artykuł z „AGRO-Przemysł” wyd 4/2008 - dr inż. Juliusz Orlikowski, dr inż. Stefan Krakowiak Politechnika Gdańska
- PORADNIK ZASTOSOWANIA STALI NIERDZEWNEJ W OCZYSZCZALNIACH tłumaczenie (« Assainissement» de l'Association des Ingénieurs Territoriaux de France (AITF), l'Institut de Développement de l'Inox (ID Inox)
- Procesy korozyjne – praca pod redakcją prof. dr hab. inż. Kazimierza Darowickiego - Politechnika Gdańska, Katedra Elektrochemii, Korozji i Inżynierii Materiałowej 2007r.
- STAL NIERDZEWNA KURS PODSTAWOWY – Wprowadzenie do stali nierdzewnych – dr inż. Zbigniew Brytan