

Pręty zbrojeniowe ze stali nierdzewnej  
zastosowane w agresywnym chemicznie  
środowisku; w zbiornikach do przetwarzania  
wody ściekowej

## Obieg wody:

### Środowisko naturalne

pompowanie  
Uzdatnianie  
(oczyszczalnia)  
→ *Woda pitna*  
Przechowywanie  
(zbiorniki)  
Dystrybucja  
(sieci wodociągowe)  
→ *konsumpcja /  
stosowanie*

Odpad

→ *woda uzdatniona /  
oczyszczona*

Oczyszczanie ścieków

Przekazywanie / podnoszenie  
ciśnienia  
(sieci wodociągowe, pompy)

Gromadzenie  
(rury odgałęzione)

→ *Woda ściekowa*

## Konstrukcje inżynierskie: ważne wyzwanie techniczne i finansowe w przemyśle wodnym

- W zależności od procesu, stanowią 40 - 60% kosztów inwestycji, w zakładach uzdatniania wody pitnej lub oczyszczalniach ścieków.
- Bezpośredni wpływ na trwałość instalacji oraz inwestycji.
- Ciągłe techniczne wyzwanie do spełniania wymagań stałego rozwoju procesów przetwarzania.

## specyficzność wody pitnej:

Woda pitna przeznaczona jest do spożycia przez ludzi, dlatego też jej skład nie może być zmieniany przez jakikolwiek materiał, mający z nią kontakt.

=> brak rdzy, brak produktów korozji

W pewnych obszarach, ciecz może być agresywna (ozon, chlor, piasek, ...).

=> uszkodzenia konstrukcji betonowych

Instalacje wciąż podlegają nowym ograniczeniom architektonicznym

=> konieczność trwałego uniknięcia odkształceń



**Należy zapobiegać korozji prętów zbrojeniowych do zbrojenia betonu**



## Wiele konstrukcji inżynierskich bierze udział we wszystkich etapach oczyszczania wody ściekowej

- W podnoszeniu ciśnienia wody
- Oczyszczaniu fizycznym:
  - Oczyszczanie wstępne (unoszący się na powierzchni osad, piasek, maź)
  - Klarowanie wstępne - dekantacja (ostatecznie)
- Oczyszczaniu biologicznym:
  - metoda klasyczna (zbiornik napowietrzania - klarowanie)
  - metoda kompaktowa (ustalone kultury bakterii, membrany, ...)
- ➔ *usunięcie oczyszczonej wody do środowiska naturalnego*
- Przeróbce osadów (dehydratacja, suszenie, ...)
- Uzdatnianiu powietrza (fizyczno-chemicznym lub biologicznym)

Jeśli zawiedzie jedno z ogniw łańcucha, działanie całej oczyszczalni nie powiedzie się

**=> Pierwszy powód do zastosowania solidnych konstrukcji betonowych**

## Oczyszczalnie ścieków narażone są również na wysokie ryzyko powstawania uszkodzeń

- Wycieki wody ściekowej są agresywne
- Obecność H<sub>2</sub>S, szczególnie w budynkach  
=> wysokie ryzyko wystąpienia korozji
- Napowietrzenie i mieszanie w większości zbiorników  
=> duży nacisk na konstrukcje betonowe
- Kruche i lekkie podziemia (stare składowiska, grunty ściśliwe, obszary zalewane w pobliżu wód gruntowych...)  
=> ryzyko pęknięć konstrukcji betonowych

=> Drugi powód do zastosowania solidnych konstrukcji betonowych



## Nowe trendy

- Wiele nowych form rozwoju procesów, opracowywanych w celu sprostania ograniczeniom zawartym w przepisach, dotyczących polepszenia jakości wody (pitnej lub oczyszczonej)
- Coraz więcej ograniczeń dotyczących wody ściekowej - bardziej zwarta, o mniej wyczuwalnej woni, architektura, jakość odpadów, ...
- Wzrastające ograniczenia ekonomiczne

W konsekwencji, instytucje kontraktujące stawiają wymagania dotyczące konstrukcji inżynierskich:

- Zagwarantowanie trwałości konstrukcji (zawsze możliwe jest zastąpienie wyposażenia, lecz nie konstrukcji inżynierskich);
- Polepszenie zarządzania kosztem całego cyklu życia.

**=> Trzeci powód do polepszenia własności konstrukcji betonowych**



Jest wiele powodów do unikania  
korozji w przemyśle wodnym





Bardzo często korozja postrzegana jest jako  
nieszczęście



## O korozji ogólnie

- Każdego roku korozja niszczy 125 milionów ton stali (10% rocznej produkcji)
- Coroczny koszt tych zniszczeń stanowi 3% produktu narodowego brutto

Dla niektórych jest to bardzo dochodowe nieszczęście:

**Każdego roku przynosi zyski rzędu  
3% produktu narodowego brutto**



**Jeżeli korozja wyrażona zostanie jako nieszczęście, jego przepowiadanie powinno zastąpić zapobieganie**

**Przepowiednie "Kasandry" = modele predykcyjne**

- stopień nasycenia dwutlenkiem węgla
- stopień przenikania chlorków
- szybkość korozji prętów zbrojeniowych
- ocena rozprzestrzeniania się rdzy
- ocena odporności mechanicznej pręta zbrojeniowego
- pobieranie próbek
- kontrola
- monitoring
- itp...



Nigdy nie popełnia się błędu odnośnie  
efektu końcowego



Można się pomylić w określeniu kiedy on nastąpi



L'INOX, UNE NOUVELLE IDÉE



Korozji prętów zbrojeniowych zapobiec  
można w sposób prosty i efektywny

Jakie są główne przyczyny powstawania  
korozji prętów zbrojeniowych?



**Głównymi przyczynami korozji są:**

Ogólnie:

- Nasycanie dwutlenkiem węgla
- Przenikanie chlorków

W przemyśle wodnym:

- Agresywne komponenty zawarte w wodzie ściekowej



## Istniejące rozwiązania w zapobieganiu korozji prętów zbrojeniowych

- Inhibitory korozji  
(nieodpowiednie dla zastosowania z wodą)
- Anody protektorowe
- Ochrona katodowa
- Zwiększona grubość warstwy kryjącej betonu

...a dlaczego nie również pręty zbrojeniowe ze stali nierdzewnej?





## Przemysł wodny staje się świadomy konieczności unikania korozji konstrukcji betonowych

- Ponieważ obecnie wyposażenie charakteryzuje się większą trwałością niż konstrukcje inżynierskie (ze stali nierdzewnej?)
  
- Z powodów wymienionych już wcześniej
  - Nowe wymagania dotyczące jakości wody
  - Wyeliminowanie rdzy
  - Żadne ogniwo w łańcuchu nie może zawieść
  - Środowisko staje się bardziej korozyjne
  - Wymagana jest większa trwałość



## Pręty zbrojeniowe ze stali nierdzewnej w przemyśle wodnym

Dlaczego nie?

### Pytania

- o o sposób opracowania tego rozwiązania
- o o ich odporność korozyjną oraz zachowanie po osadzeniu w betonie
- o o ewentualne koszty dodatkowe



Czy rozwiązanie to można opracować w prosty sposób?

Stale nierdzewne należą do rodziny stali, więc:

- ✓ Zasady konstrukcyjne są podobne
- ✓ Opracowanie takie jest więc bardzo porównywalne

Niektóre różnice:

- ✓ Charakterystyki mechaniczne stali nierdzewnych są dużo wyższe (korzyść: możliwość zmniejszenia średnic)
- ✓ Przewidywanie sprężynowania przy zginaniu

## Własności spajania prętów zbrojeniowych ze stali nierdzewnej

Zgodnie z Eurocode 2 (oraz EN 10 080 dla stali węglowych):

“to geometria powierzchni określa charakterystyki spajania”

Ponieważ stale nierdzewne należą do rodziny stali i jeżeli geometria powierzchni jest identyczna, również spajanie - łączenie jest identyczne.



## Co w przypadku odporności korozyjnej?

- ✓ Nasycenie dwutlenkiem węgla  
=>  $\text{pH} < 9$
- ✓ Korozja chlorowa
- ✓ Chemikalia

## Nasycenie dwutlenkiem węgla

- Nowy beton  $\text{Ca(OH)}_2 \Rightarrow \text{pH} = 13$
- $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{pH} \searrow 8 \text{ lub } 9$

Jeśli pH przyjmuje wartość  $< 9$ , stalowe pręty tracą swoją pasywność i rozpoczyna się korozja

Objętość rdzy może się zwiększyć 6 - 7 - krotnie od objętości stali, co wywiera silny nacisk - ciśnienie

Stale nierdzewne nie korodują do wartości  
pH 2 lub 3.

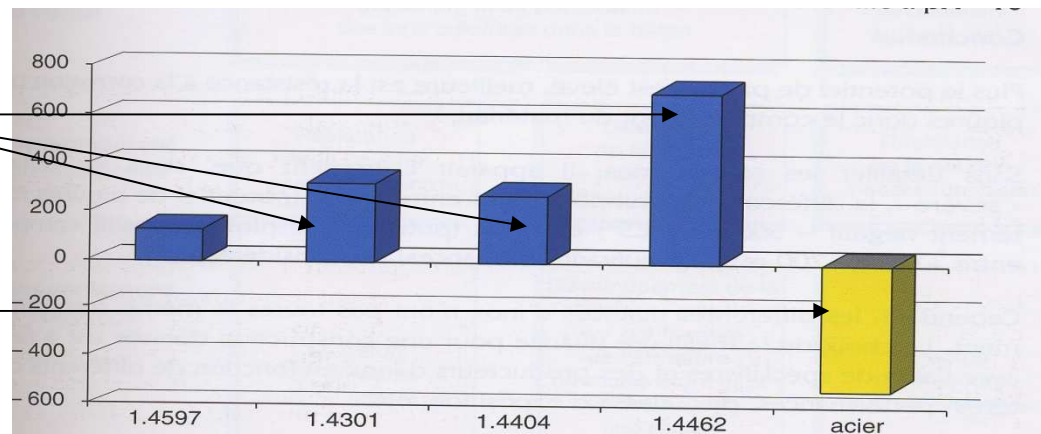


## Odporność korozyjna - chlorki

Przykład przyspieszonych testów laboratoryjnych/  
Środowisko karbonizowane (pH 10) oraz z wysokim  
stężeniem chlorku NaCl 35g/l (woda morska), pomiar  
potencjału tworzenia się wżerów w mV/ECS

Stal nierdzewna >0:  
brak korozji

Stal <0:  
korozja



## Przykład: moło w Yucatan, Meksyk

ELLE IDÉE

Pręty zbrojeniowe  
ze stali węglowej

Wybudowano w 1960

zdjęcie 2000



Pręty zbrojeniowe ze stali  
nierdzewnej

Wybudowano w 1937 -1940

Ten sam beton





## Inne przykłady?

- 1985: Autostrada Międzystanowa I-696 (Detroit)
- 1985: Most I-295 niedaleko Trenton, USA
- 1980: Nabrzeże w Scarborough, Wielka Brytania
- 1990: Opera w Sydney (Australia)

## W ostatnich latach:

- Most Stonecutter, Hong Kong
- Remont Meczetu, Casablanca

# Ostatnie zastosowania w przemyśle wodnym



Oczyszczalnia Achères  
(Francja)

## Trzecie pytanie:

### koszt zbrojenia betonu prętami zbrojeniowymi ze stali nierdzewnej

- Cena zakupu stali nierdzewnych jest o około 6 razy wyższa od ceny stali węglowych
- **Wpływ** prętów zbrojeniowych ze stali nierdzewnej na koszt inwestycji jest mniejszy niż **3%**, z uwagi na:
  - ✓ **Zmniejszenie warstwy betonu**
  - ✓ **Zmniejszenie ciężaru zbrojenia**



Koszt inwestycji wyższy o  $\pm 3\%$



Ten dodatkowy koszt inwestycji kompensowany jest przez:

- Zredukowany koszt konserwacji (koszty bezpośrednie)
- Zmniejszone straty spowodowane pęknięciami (koszty pośrednie)
- Lepsza jakość wody
- Długi okres trwałości

Wybór rozwiązania z zastosowaniem prętów zbrojeniowych ze stali nierdzewnej powoduje uniknięcie bardzo poważnych konsekwencji korozji

Dodatkowe nakłady zwracają się przeważnie przed upływem 10 lat



## PODSUMOWANIE:

### Zalety prętów zbrojeniowych ze stali nierdzewnych

- ✓ Neutralne biologicznie: polepszenie jakości wody
- ✓ Oszczędność przestrzeni oraz możliwość posiadania zamkniętych konstrukcji (zapachy)
- ✓ Zmniejszenie wagi (betonu oraz zbrojenia)
- ✓ Wyeliminowanie konieczności zwiększania grubości warstwy betonu
- ✓ Wysoka trwałość
- ✓ oraz oszczędność kosztów podczas całego okresu użytkowania

# ACHERES Francja

3500 ton stali nierdzewnej z uwzględnieniem  
prętów zbrojeniowych ze stali nierdzewnej





Achères

Dziękuję za uwagę