



**AGH**

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

# METODY OCHRONY PRZED KOROZJĄ ELEKTROCHEMICZNĄ

<http://home.agh.edu.pl/~grzesik>



# Ochrona przed korozją

---

Podstawowym celem ochrony przed korozją jest zmniejszenie szybkości korozji do akceptowalnego poziomu.

# Metody ochrony przed korozją

---

## ***ochrona powłokowa***

(uniwersalna, powszechna – 80% zabezpieczeń);

## ***ochrona elektrochemiczna***

(w zanurzeniu, uzupełnienie powłokowej):

- ochrona katodowa (protektory, zewnętrzne źródła prądu stałego);
- ochrona anodowa;

## ***modyfikacja środowiska***

(inhibitory, odtlenianie, klimatyzacja, osuszanie);

## ***dobór materiałów***

(stopy metali, kompozyty, nanowarstwy);

## ***odpowiednie projektowanie konstrukcji***

(projekt konstrukcji powinien ułatwiać przygotowanie powierzchni, malowanie, nadzór i renowację).

# Ochrona powłokowa

---



Zadaniem tego typu ochrony jest oddzielenie środowiska korozyjnego od materiału podlegającego ochronie.

# Rodzaje powłok

---

niemetaliczne

- farby i lakiery
- wykładziny (gumowe)
- laminaty, kompozyty
- konwersyjne
- czasowej ochrony

metaliczne

- zanurzeniowe
- natryskowe
- galwaniczne

# Mechanizmy ochronnego oddziaływania powłok

---

**barierowy** – ograniczanie dostępu wilgoci i tlenu do powierzchni stali;

**inhibicyjny** – oddziaływanie na elektrochemiczny proces korozji;

**ochrona protektorowa** – zastosowanie pigmentu cynkowego, który jako bardziej aktywny ulega korozji zamiast podłoża stalowego;

**trwałość powłoki malarskiej** (kategoria techniczno-ekonomiczna)  
– oczekiwany czas życia systemu do pierwszej renowacji;

**okres gwarancji** – kategoria prawna zawarta w kontrakcie. Jest krótszy od okresu trwałości.

## **W zakresie jakości:**

- materiały i technologie;
- przestrzeganie norm i procedur;
- dobre wyposażenie wykonawcy;
- ciągły, dokładny, certyfikowany nadzór nad pracami;

## **W zakresie ochrony środowiska:**

- eliminacja rozpuszczalników;
- eliminacja związków ołowiu i chromu;
- ograniczenie i utylizacja odpadów;
- ekologiczne metody przygotowania powierzchni - mycie i czyszczenie wodą, biodegradowujące się detergenty, nieszkodliwe ścierniwa.

# Ochrona elektrochemiczna

---

Metody ochrony elektrochemicznej polegają na zmianie potencjału elektrodowego metalu w celu zapobiegania lub ograniczenia jego rozpuszczania. W zależności od kierunku przesuwania potencjału elektrodowego chronionego metalu do wartości niższych lub wyższych rozróżniamy metody ochrony katodowej i anodowej.



# Ochrona katodowa

---

W ochronie katodowej przedmiot chroniony z tworzywa metalicznego jest katodą. Potencjał elektrodowy chronionego materiału przesuwana się w stronę wartości ujemnych tak, by uzyskać wartość poniżej potencjału korozji w danym środowisku. Metal nie ulega wtedy rozpuszczaniu. Ochronę katodową można realizować jako galwaniczną lub elektrolityczną.

# Ochrona katodowa galwaniczna

---

Chroniony metal jest katodą ogniwa galwanicznego, natomiast anodą jest metal mniej szlachetny, zwany protektorem (protektor musi być mniej szlachetny od chronionego metalu).

Przy ochronie protektorowej stali jako protektory stosuje się: magnez, cynk, aluminium i ich stopy, natomiast dla ochrony miedzi protektorem jest stal niestopowa.

# Ochrona katodowa galwaniczna

---

## zalety

- niezależność od źródeł prądu;
- łatwość instalowania;
- możliwość ochrony lokalnej;
- znikomy wpływ na sąsiednie konstrukcje.

## wady

- strata materiału anody (konieczność wymiany anody);
- możliwość zanieczyszczenia środowiska produktami korozji protektora;
- ograniczone zastosowanie ze względu na oporność środowiska i niski prąd ochronny.

# Ochrona katodowa elektrochemiczna

---

Przedmiot chroniony staje się katodą ogniwa elektrolitycznego zasilanego prądem stałym z zewnętrznego źródła. Anoda stosowana w tym obwodzie jest najczęściej nierozpuszczalna. Jako anody stosuje się stale niestopowe, grafit, stopy Fe-Si, Al, Pt, stopy Pb, Ti, Nb, Ta.

# Ochrona katodowa elektrochemiczna

---

## zalety

- wysoka skuteczność ochrony (ok. 100%);
- możliwość ochrony dużych powierzchni bez izolacji lub z uszkodzoną izolacją w środowiskach o różnej oporności;
- możliwość kontrolowania i regulacji prądu polaryzacji;
- możliwość automatyzacji.

## wady

- duże koszty początkowe instalacji;
- konieczność systematycznej kontroli i konserwacji;
- możliwość oddziaływania na inne konstrukcje niechronione.

# Ochrona anodowa

---



W ochronie anodowej chroniony obiekt stanowi anodę. Potencjał ustala się na takim poziomie, by osiągnąć stan pasywacji obiektu. Ochronę anodową można realizować jako galwaniczną lub elektrolityczną.

# Ochrona anodowa galwaniczna

---

Realizowana jest poprzez stosowanie dodatków stopowych „szlachetnych” (np. Pt, Pd, Ag, Cu), tworzących katody lokalne w procesie korozji, lub pokrywaniu materiału chronionego powłoką z Ti, Zr, Ta lub stali nierdzewnej. Dodatki „szlachetne” powodują podwyższenie potencjału elektrodowego materiału mniej szlachetnego aż do obszaru pasywacji oraz utrzymują go w tym obszarze.

# Ochrona anodowa elektrochemiczna

---



Polega na przesunięciu potencjału anody (materiału chronionego) do takiej wartości, by osiągnąć stan pasywacji. Dopływ prądu stałego zapewnia się z zewnętrznego źródła przez katodę. Do utrzymania stałego potencjału z zakresu pasywacji stosuje się potencjostat.



# Ochrona anodowa

---

zalety

- przedłużenie czasu eksploatacji konstrukcji z drogich materiałów;
- zastąpienia materiałów droższych tańszymi;
- hamowanie korozji lokalnej;
- duży zasięg działania nawet dla elementów o skomplikowanym kształcie;
- mała zawartość produktów korozji w środowisku;
- niskie koszty eksploatacji (małe wartości prądu pasywacji).

wady

- wysoki koszt instalacji;
- konieczność bezawaryjnego działania systemu kontrolno-regulacyjnego.

# Modyfikacja środowiska

---

Modyfikacja polega na usuwaniu czynników korozyjnych ze środowiska, w którym pracują lub są magazynowane chronione wyroby:

- ograniczanie wilgotności atmosfery;
- zmniejszenie zawartości tlenu;
- dodatek inhibitorów korozji;
- korekcja pH (głównie alkalizacja);
- zmiana temperatury;
- dodatek biocydów.

# Modyfikacja środowiska

## - ograniczanie wilgotności atmosfery

---

- obniżenie wilgotności powietrza przez osuszanie lub podwyższanie temperatury w danym pomieszczeniu;
- usuwanie cząstek zanieczyszczeń stałych z powietrza lub wody przez filtrację.

# Modyfikacja środowiska

## - zmniejszenie zawartości tlenu

---

- wyeliminowanie z wody tlenu (jako depolaryzatora) poprzez dodatek do wody substancji wiążących tlen lub nasycenie azotem;
- zubożnianie substancji kwaśnych w wodzie np. poprzez dodatek wapna;
- usuwanie z wody soli za pomocą wymienniczy jonowych.

# Modyfikacja środowiska - dodatek inhibitorów korozji

---

Inhibitory są to substancje, które powodują zmniejszenie szybkości reakcji (w przeciwieństwie do katalizatorów). Inhibitorami korozji nazywamy więc substancje, które w środowisku korozyjnym powodują zmniejszenie szybkości korozji w wyniku zahamowania procesu anodowego i (lub) katodowego w ogniwach korozyjnych.

# Modyfikacja środowiska

## - dodatek inhibitorów korozji, c.d.

---

Typy inhibitorów:

- inhibitory anodowe hamujące anodowy proces roztwarzania metalu;
- inhibitory katodowe hamujące katodowy proces depolaryzacji;
- inhibitory organiczne anodowo-katodowe – inhibitory adsorpcyjne o działaniu podwójnym, są one zdolne hamować równocześnie procesy anodowe i katodowe.

# Inhibitory anodowe (pasywatory)

---

Obniżają szybkość korozji poprzez:

- tworzenie stabilnej warstwy pasywnej (tlenkowej);
- stymulując odbudowę warstewki ochronnej, gdy ulega ona zniszczeniu;
- zapobieganie adsorpcji jonów agresywnych.

# Inhibitory anodowe (pasywatory)

---

Aniony z inhibitorów pasywujących reagują z metalami tworząc warstewki tlenkowe.

Przykłady:

- chromiany ( $\text{CrO}_4^{2-}$ );
- azotyny ( $\text{NO}_2^-$ );
- molibdeniany ( $\text{MoO}_4^{2-}$ );
- wolframiany ( $\text{WO}_4^{2-}$ ).



# Inhibitory anodowe (pasywatory)

---

Wymagają obecności tlenu do spasywowania metali.

Przykłady:

- fosforany ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ );
- boraks ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ );
- krzemiany ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ );
- benzoesany.

# Inhibitory katodowe

---

- inhibitory wytrącające się;
- odtleniacze;
- trucizny;
- neutralizatory.

# Inhibitory katodowe - wytrącające się

---

- Reagują ze składnikami środowiska (głównie z  $\text{OH}^-$ ) wytrącając nierozpuszczalne sole i chronią metal przed korozją.
- Przykłady:
  - $\text{ZnSO}_4$ ;
  - $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ;
  - polifosforany.

# Inhibitory katodowe - odtleniacze

---

- Usuwają tlen z układu reagując z tlenem rozpuszczonym w roztworze (obojętnym lub alkalicznym) obniżając szybkość reakcji katodowej lub ją zatrzymując.
- Przykłady:
  - siarczyn sodowy ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ );
  - hydrazyna ( $\text{N}_2\text{H}_4$ ).

# Inhibitory katodowe

## - zanieczyszczające środowisko

---

Spowolniają reakcję katodową-depolaryzacji tlenowej lub wodorowej. Istnieje możliwość przyspieszania procesu wnikania wodoru do metali i wywoływanie tzw. kruchości wodorowej w stalach i innych metalach.

Przykłady:

- P;
- As;
- Sb;
- Bi.

# Inhibitory katodowe - neutralizatory

---

Zmniejszają korozyjność środowiska przez obniżanie stężenia jonów wodorowych ( $H^+$ ). Neutralizatory działają na zasadzie kontroli korozji powodowanej przez substancje o charakterze kwasów lub bezwodników, np.  $HCl$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ , kwasy karboksylowe, oraz związki pokrewne.

Przykłady:

- monoetanolamina (MEA);
- cykloheksyloamina (CAE);
- morfolina.

# Czynniki wpływające na skuteczność działania inhibitorów

---

- stężenie inhibitora:
  - skuteczność zwiększa się ze wzrostem stężenia inhibitora;
  - utrzymanie się maksimum skuteczności przy wzroście stężenia inhibitora ponad wartość optymalną;
  - niedostateczna ilość inhibitora może przyspieszać procesy korozyjne;
- temperatura;
- szybkość przepływu medium.

# Monitorowanie korozji

---

W celu kontroli procesów korozyjnych monitorowane są dwa główne parametry:

- czynniki powodujące korozję (pH, występowanie chlorków, wilgotność, zanieczyszczenia atmosfery, itp.);
- aktualne wartości parametrów związanych z procesem korozyjnym (np. prąd korozyjny).



- Inhibitor CH-2
  - stosowany w instalacjach C.O., wodnych i parowych, klimatyzacji, chłodniczych;
  - zapobiega korozji elektrolitycznej (tlenowej) i galwanicznej (bimetalicznej) regulując pH wody;
  - zabezpiecza instalacje pasywacją anodową tworząc warstwę ochronną na powierzchni metali;
  - zapobiega odkładaniu się kamienia, osadów mineralnych i zgorzeliny co zabezpiecza przed awariami i głośną pracą kotła;
  - eliminując skażenie biologiczne -zapobiega zapowietrzaniu instalacji.

# Zastosowanie

---

- cynowanie
  - puszki;
  - blachy samochodowe;
- chromowanie
  - części samochodowe (reflektory, błotniki);
  - klamki;
- srebrzenie
  - biżuteria;
  - nakrycia stołowe;
  - kontakty elektryczne;
  - lustra;
  - instrumenty muzyczne.

# Zastosowanie

---

- złocenie
  - jubilerstwo;
  - przemysł elektroniczny;
- niklowanie
  - w przemyśle samochodowym i motocyklowym (elementy karoserii, zderzaki, listwy, reflektory, ramy);
  - w przemyśle galanteryjnym (okucia walizek, torebek);
  - artykuły gospodarstwa domowego (naczynia, klamki, lampy);
  - elementy aparatury chemicznej;



**KONIEC**