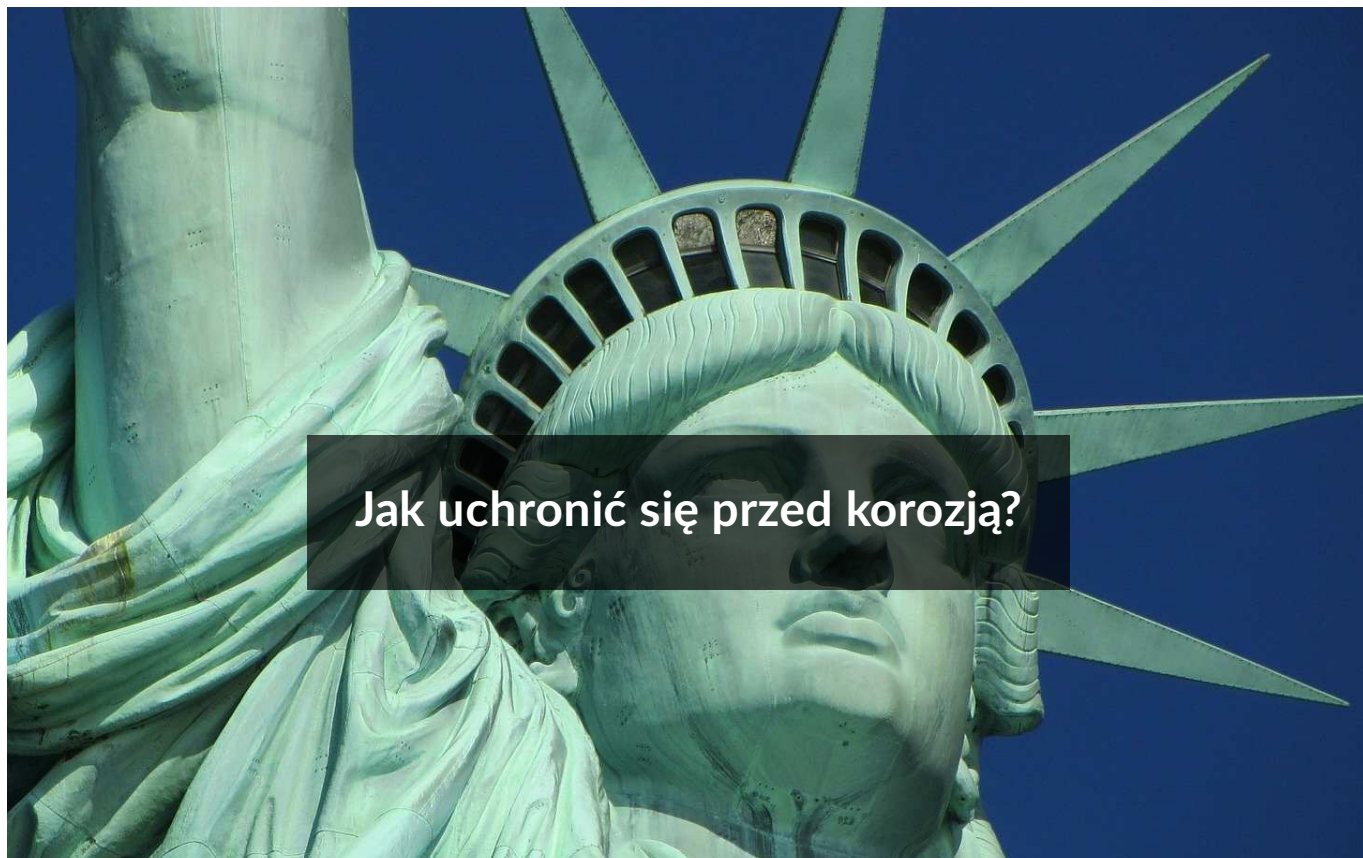




Jak uchronić się przed korozją?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Jak uchronić się przed korozją?

Statua Wolności swój zielony kolor zawdzięcza patynie, która powstała pod wpływem czynników atmosferycznych.

Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Czy wiesz, że niemal połowa wyprodukowanej w latach 1890 – 1923 stali (około 1800 mln t) uległa zniszczeniu przez korozję? Czy wiesz, że to z jej powodu każdego roku ulega zepsuciu nawet jedna trzecia światowej produkcji stali? Czy wiesz, że przyczyn zachodzenia korozji nie sposób zlikwidować? Na szczęście znajomość mechanizmu tego procesu oraz wpływających na niego czynników pozwalają przeciwdziałać temu zjawisku.

Twoje cele

- Opiszysz sposoby ochrony metali przed korozją.
- Wymienisz przykłady powłok ochronnych przed korozją.
- Określisz, na czym polega pasywacja metali.

Dlaczego ochrona przed korozją jest konieczna?

Z powodu **korozji elektrochemicznej**, każdego roku ulega zniszczeniu nawet jedna trzecia światowej produkcji stali. Przynosi to olbrzymie straty gospodarcze w wielu gałęziach przemysłu, które wykorzystują metalowe elementy. W związku z powyższym, ochrona materiałów metalowych jest konieczna, aby zredukować straty związane z procesem korozji. W jaki sposób możemy zabezpieczyć wyroby przemysłu metalurgicznego przed tym zjawiskiem?

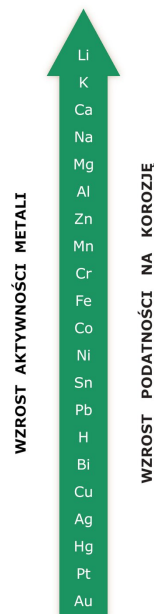
Korozja i pasywacja

Korozja atmosferyczna i **pasywacja** mają podobne podłoże chemiczne. Oba procesy mogą zachodzić pod wpływem warunków atmosferycznych. Korozja jest zjawiskiem **negatywnym**, pogłębiającym się i niszczącym coraz więcej materiału, którego dotyczy. Z kolei pasywacja (z punktu widzenia ochrony przed niszczeniem metalu) jest zjawiskiem **pozytywnym** – w reakcji z tlenem lub innym składnikiem atmosfery i wodą, materiał metalowy wytwarza warstwę obojętnego (pasywnego), regenerującego się, nierozpuszczalnego w wodzie związku nieorganicznego, który tworzy szczelną warstwę ochronną przed dostępem wody i tlenu. Przykładami tego typu powłok są **tlenek cynku** i **patyna**, czyli węglan diwodorotlenek miedzi(II).

Metal znajduje się w stanie pasywnym wtedy, kiedy ma znacznie większą odporność na korozję, niż odporność wskazana przez jego położenie w szeregu napięciowym. Przykładem są stale odporne na korozję, zawierające więcej niż 13% Cr.

Metale aktywne, a więc metale łatwo ulegające utlenieniu, są bardziej podatne na korozję. Natomiast metale o dodatnich potencjałach elektrochemicznych (metale szlachetne) zdecydowanie trudniej ulegają utlenieniu, a tym samym są mniej podatne na uleganie procesom korozyjnym. Podatność danego metalu na korozję możemy zatem sprawdzić, posługując się szeregiem elektrochemicznym metali. Im niższa jest wartość potencjału elektrochemicznego, tym bardziej dany metal podatny jest na korozję. W związku z tym,

magnez jest metalem podatnym na korozję, a już srebro pozostaje na niego odporne. Ta wiedza potrzebna jest do przeciwdziałania temu zjawisku.



Schemat wzrostu aktywności metali

Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Sposoby zapobiegania korozji

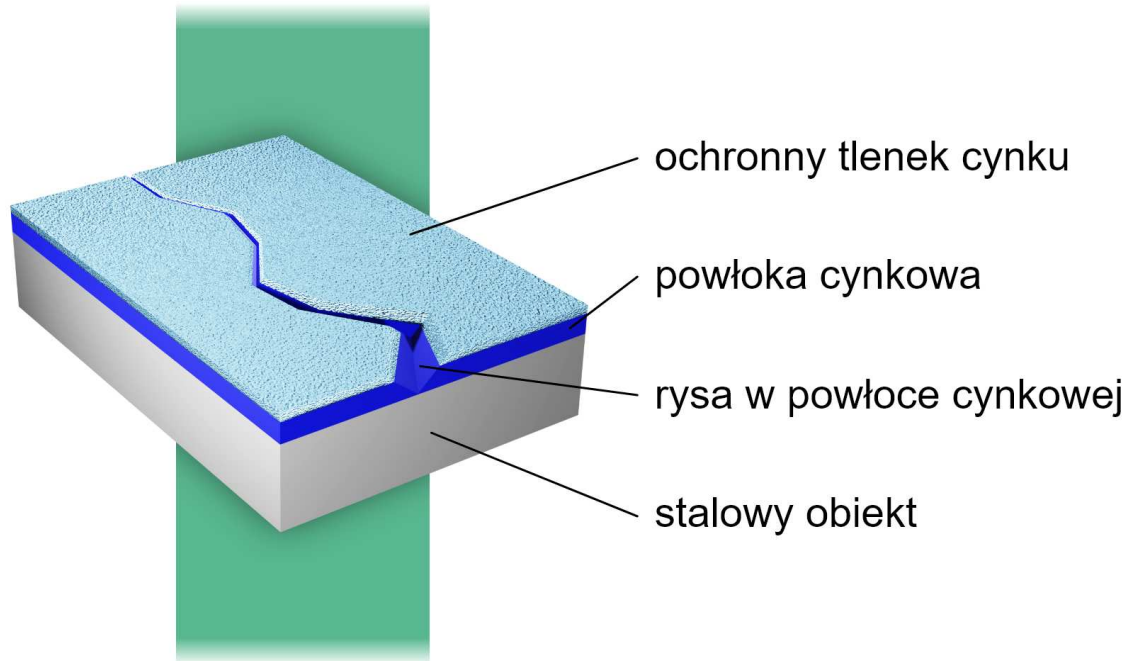
Korozji można zapobiegać na wiele różnych sposobów, zarówno już na etapie produkcji wyrobu, jak i przy jego montażu. W pierwszym przypadku zastosować można następujące zabiegi:

- **oczyszczanie metalu z fosforu i siarki**, które, utleniając się, przyspieszają proces korozji;
- **stosowanie dodatków stopowych**, które zwiększają odporność na korozję, np. w przypadku stali wprowadza się do niej molibden lub chrom.

W przypadku ochrony poprodukcyjnej zastosować można powłoki ochronne lub inhibitory korozji. Przyjrzyjmy się bliżej tym metodom ochrony przed korozją.

Powłoka anodowa

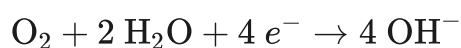
Powłoki ochronne mogą być wykonane z różnych materiałów, które szczegółowo opiszemy w dalszej części tekstu. Niezależnie jednak od rodzaju powłoki, każda chroni dany element przed korozją w momencie, kiedy pozostaje szczelna. Ta cecha powłoki ochronnej zapewnia bowiem brak kontaktu metalu chronionego z czynnikami środowiskowymi. Poszczególne powłoki zaczynają jednak zachowywać się różnie w sytuacji ich zarysowania lub uszkodzenia.



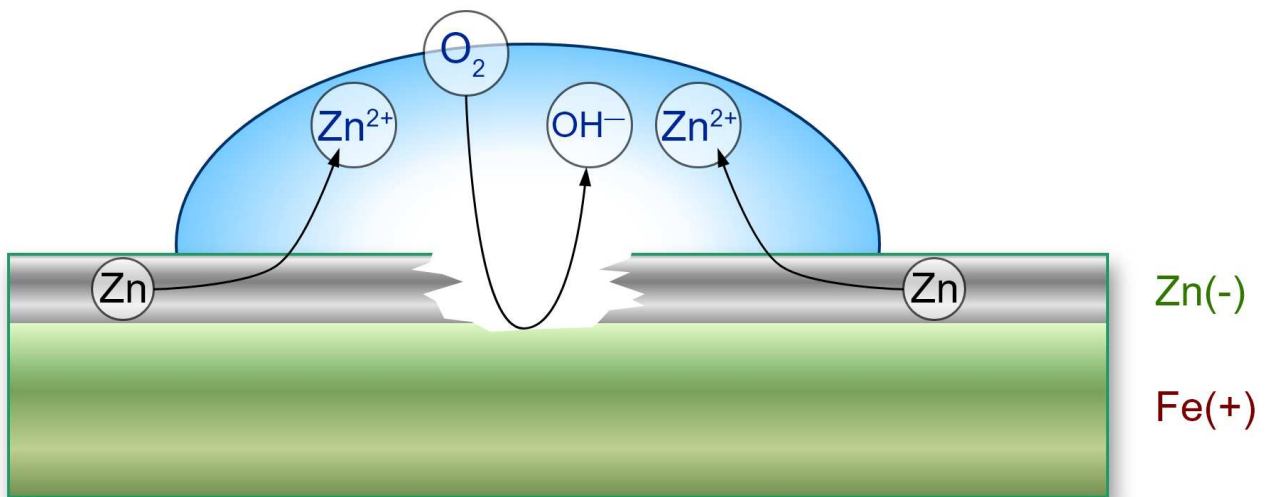
Ulegający pasywacji segment ze stali ocynkowanej, wykazujący uszkodzenie powłoki cynkowej

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Powłoka anodowa wykonana jest z metalu bardziej aktywnego od metalu, który jest chroniony. Przyjrzyjmy się przykładowi przedstawionemu na rysunku. Stalowy obiekt, który składa się w głównej mierze z żelaza ($E_0 = -0,44 \text{ V}$), został pokryty warstwą cynku ($E_0 = -0,76 \text{ V}$). Ta dodatkowo uległa procesowi pasywacji, co zwiększyło ochronę. Jak wspomniano, w przypadku szczelności warstwy ochronnej, brak korozji jest związany przede wszystkim z brakiem kontaktu stali z otoczeniem. Kiedy jednak warstwa cynku ulegnie uszkodzeniu, to czynniki środowiskowe uzyskują dostęp do elementu stalowego. W takiej sytuacji jednak to cynk, jako aktywniejszy, zaczyna ulegać utlenieniu – pełni rolę anody. Stalowa powierzchnia z kolei pełni rolę katody, na której zachodzą procesy redukcji, np. tlenu cząsteczkowego:



Zatem cynk chroni stal przed korozją nawet w momencie zarysowania lub uszkodzenia powierzchni ochronnej – jest to cecha charakterystyczna wszystkich powłok anodowych.



Uszkodzenie cynkowej powłoki anodowej

Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.



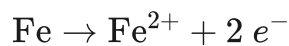
Ocynkowana konewka

Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

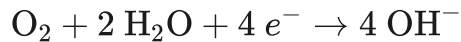
Powłoka katodowa

Powłoka katodowa wykonana jest z metalu mniej aktywnego niż metal, który jest chroniony. Przeanalizujmy przykład pokrycia elementu stalowego (w przypadku Fe $E_0 = -0,44$ V) warstwą niklu ($E_0 = -0,26$ V). Niezmienna pozostaje ochrona elementu stalowego w sytuacji szczelności powłoki ochronnej. Niemniej, po zarysowaniu tejże powłoki, nikiel,

jako metal mniej aktywny, przyjmuje rolę katody, natomiast żelazo, jako bardziej aktywne, przyjmuje rolę anody i zaczyna ulegać utlenieniu:

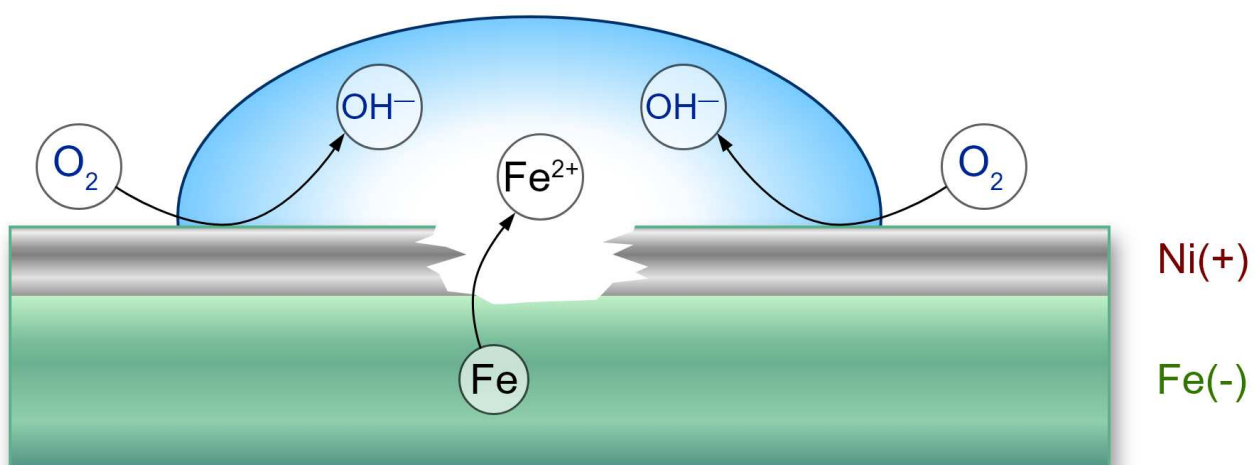


Na katodzie niklowej może dochodzić do redukcji tlenu atmosferycznego:



Zatem powłoki katodowe tworzą skuteczną ochronę tylko do momentu, kiedy szczelnie odcinają element od środowiska zewnętrznego. Wydawać by się więc mogło, że stosowanie powłok katodowych nie ma większego sensu. Należy jednak pamiętać, że ze spadkiem aktywności metali rośnie ich odporność na działanie środowiska. Powłoki wykonane z metali mniej aktywnych są zatem bardziej odporne na działanie choćby kwaśnych opadów i pozostają na elemencie chronionym znacznie dłużej niż powłoki z metali aktywnych.

Podsumowując, można zatem wskazać, że powłoki anodowe wykazują większą uniwersalność – nie jest wymagana ich szczelność dla prawidłowego działania. Niemniej same tego typu powłoki łatwiej ulegają działaniom czynników środowiskowych, ponieważ są wykonane z metali zwykle o znacznej aktywności. Powłoki katodowe muszą pozostać szczelne celem ochrony elementu metalowego, niemniej zwykle ich odporność na działanie czynników środowiska jest znacznie większa niż odporność powłoki anodowej z metalu aktywnego, stosowane w miejscach, w których element chroniony jest narażony na zarysowania. Powłoki katodowe stosuje się za to dla elementów, które – z racji swojego umiejscowienia lub zamocowania – z dużym prawdopodobieństwem nie ulegną zarysowaniu.

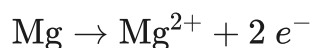


Uszkodzenie niklowej powłoki katodowej

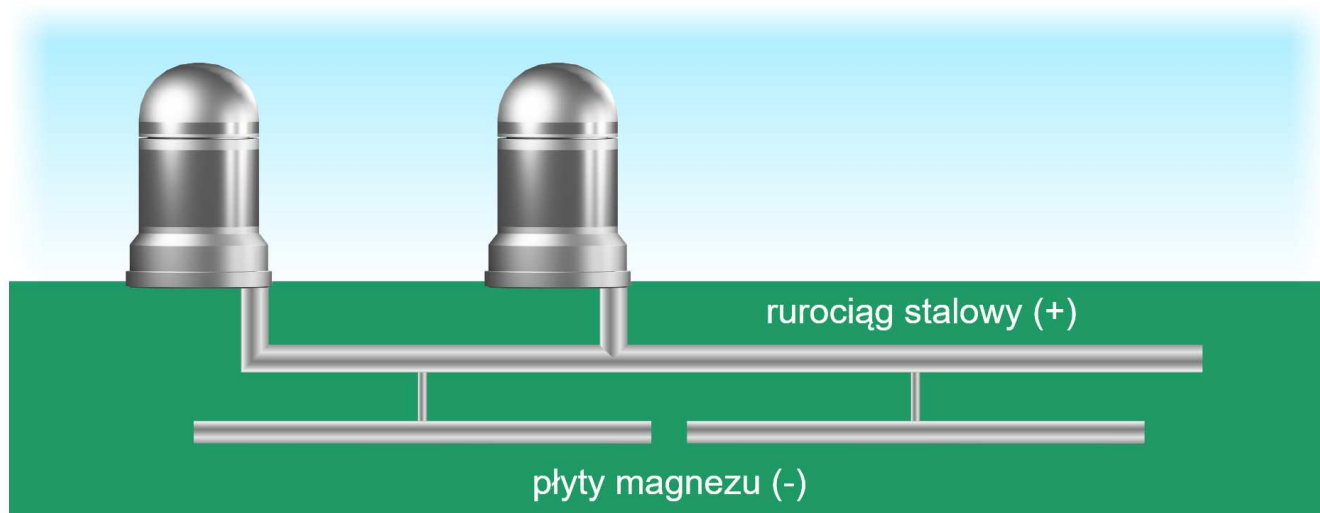
Źródło: GroMar Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ochrona katodowa – zastosowanie protektorów

Ponieważ, jak już wspomnieliśmy, w przypadku ochrony anodowej warstwa ochronna nie musi pozostawać szczelna, to taką cechę wykorzystuje się w tzw. ochronie protektorowej. Protektor to np. płytka z metalu bardziej aktywnego od metalu chronionego, którą przyczepia się od rurociągu lub kadłuba statku. Z ochroną protektorową mamy do czynienia w przypadku przyłączenia do stalowego rurociągu płytki z magnezu. Zachodzące procesy powodują utlenienie metalu tworzącego protektor – magnezu:



chroniąc tym samym rurociąg. Płytki protektora z czasem zużywa się i musi zostać zastąpiona nową płytką.



Ochrona protektorowa – magnez jest metalem o niższym potencjale elektrochemicznym od żelaza, będącego głównym składnikiem stali.

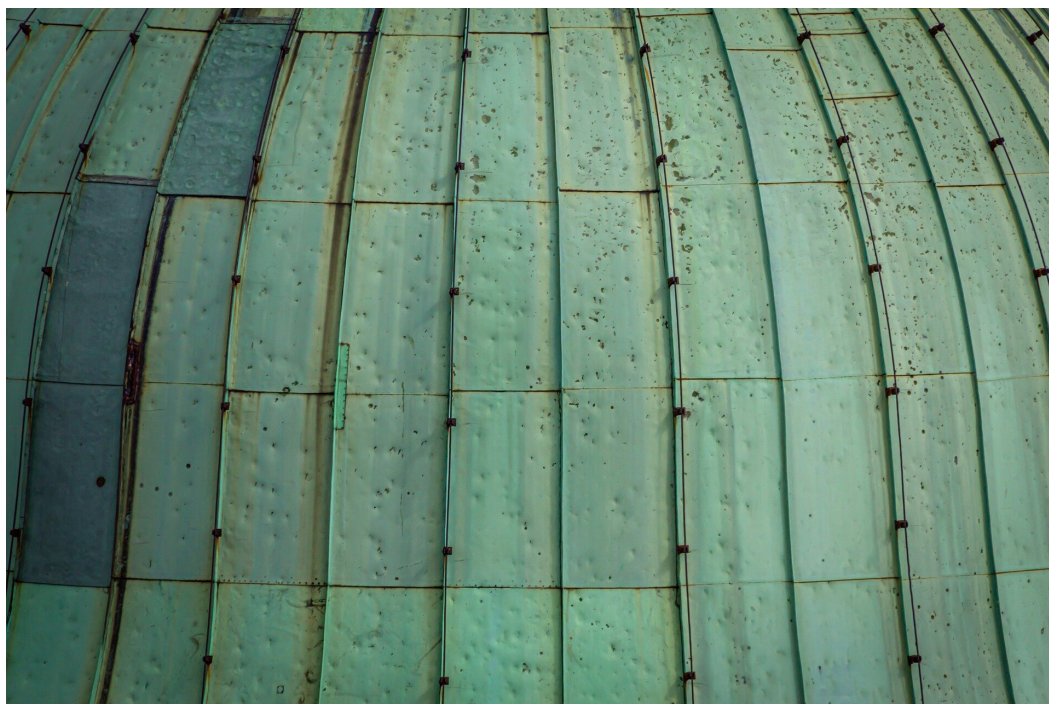
Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Stosowanie niemetalicznych powłok ochronnych

Zadaniem niemetalicznych powłok ochronnych jest izolowanie powierzchni metali od dostępu tlenu i wilgoci. Niemetaliczne powłoki ochronne uzyskiwane są na powierzchni metali poprzez:

Utlenianie

Ma na celu wytworzenie na chronionym metalu pasywnych warstw tlenku tegoż metalu. Niektóre metale, na przykład glin, samorzutnie pokrywają się na powietrzu warstwą tlenku, który chroni metal przed dalszą korozją. Jest to przykład **pasywacji**.



Śniedź – patyna na miedzi

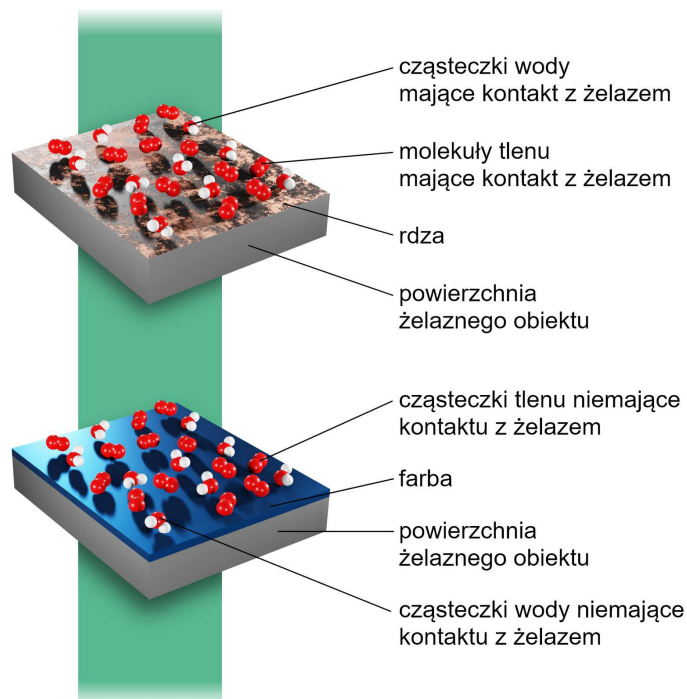
Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

Fosforanowanie

Chromianowanie

Pokrywanie emaliami szklistymi

Pokrywanie ochronnymi powłokami organicznymi



Schemat przedstawiający korozję metalu (góra) oraz powstrzymanie korozji metalu poprzez zastosowanie warstwy ochronnej farby (dół)

Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Stosowanie inhibitorów korozji

Jest to metoda stosowana do ochrony elementów metalowych, w których znajdują się sprzyjające korozji roztwory wodne w obiegu zamkniętym. Przykładami są kotły parowe (np. centralnego ogrzewania) i instalacje chłodnicze (na przykład samochodowe). Dodawanie niewielkich ilości substancji silnie absorbujących się na powierzchni metalu i blokujących dostęp jonów oksyniowych opóźnia znacznie procesy korozyjne.

Słownik

stop

mieszanina składająca się z dwóch lub więcej pierwiastków chemicznych, z których co najmniej jeden, ale występujący w przeważającej ilości, jest metalem

stopy żelaza

stopy, których głównym składnikiem jest żelazo, a dodatkami stopowymi są różne pierwiastki metaliczne i niemetaliczne

pasywacja

pokrywanie się niektórych metali (miedź, cynk, glin, ołów) cienką warstwą ich związków (np. tlenków) pod wpływem czynników środowiska (na przykład tlenu), jak pokrywanie się cynku nalotem z jego tlenku

inhibitory (opóźniacze) korozji

po wprowadzeniu ich do elektrolitu, w którym zanurzony jest chroniony wyrób metalowy, związki te opóźniają proces utlenienia poprzez absorbowanie się na powierzchni metalu i izolowanie dostępu do niego czynników korozyjnych; inhibitory tworzą zwykle na powierzchni metalu warstewki ochronne hamujące szybkość korozji; dla korozji w środowisku alkalicznym, jako inhibitory korozji, stosowane są sole: cyny, arsenu, niklu i magnezu, zaś w środowisku kwasowym: krochmal, klej lub białko

patyna

produkt korozji atmosferycznej miedzi i jej stopów w wilgotnym powietrzu; powierzchniowa warstwa patyny tworzy powłokę koloru od jasnozielonego do szarzielonego; głównym składnikiem (przy powstawaniu w niezanieczyszczonej atmosferze) jest węglan diwodorotlenek miedzi(II) – $[\text{Cu}(\text{OH})_2]\text{CO}_3$; powłoka trwała, powstająca jako ostatni etap procesu pasywacji; cały proces pokrywania się powierzchni metalu nalotem patyny trwa kilkadziesiąt lat, chociaż pierwsze objawy mogą zacząć pojawiać się już po kilku miesiącach

korozja elektrochemiczna

korozja metali spowodowana procesami elektrochemicznymi, zachodząca wskutek występowania różnicy potencjałów na powierzchni metalowego obiektu, który znajduje się w środowisku elektrolitu; korozja atmosferyczna, zachodząca pod wpływem czynników atmosferycznych, jest typem korozji elektrochemicznej

Bibliografia

Bielański A., *Podstawy chemii nieorganicznej*, Warszawa 1987.

Bogdańska Zarembina A., Matuszewicz E. I., Matuszewicz J., *Chemia dla szkół średnich*, Warszawa 1995.

Dudek K., Płotek M., *Ostatni dzwonek przed maturą. Elektrochemia. Repetytorium maturzysty*.

Kaczyński J., Czaplicki A., *Chemia ogólna*, Warszawa 1974.

Litwin M., Styka-Wlazło S., Szymońska J., *Chemia ogólna i nieorganiczna*, Warszawa 2002.

Pazdro K. M., *Chemia. Podręcznik do kształcenia rozszerzonego w liceach*, Warszawa 2009.

Film samouczek

Polecenie 1

Zapoznaj się z zamieszczonym poniżej filmem i odpowiedź na pytania.

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DgwAQvScD>

Film samouczek pt. „Jak uchronić się przed korozją?”

Źródło: GroMar Sp. z o.o., Małgorzata Krzeczowska, licencja: CC BY-SA 3.0.

Film nawiązujący do treści materiału – dotyczy sposobów ochrony przed korozją.

Ćwiczenie 1

Jakiego typu ochronę przed korozją zapewnia pokrycie elementu stalowego powłoką z niklu?

- ☐ Nikiel stanowi powierzchnię zapewniającą ochronę katodową.
- ☐ Nikiel jest inhibitorem korozji.
- ☐ Jest to tzw. ochrona protektorowa.
- ☐ Nikiel stanowi powierzchnię zapewniającą ochronę anodową.

Ćwiczenie 2

Janek, uczeń technikum samochodowego, miał wybrać odpowiednie blachowkręty do zamocowania lusterka samochodowego tak, aby zapewnić karoserii najlepszą ochronę przed korozją. Których blachowkrętów, Twoim zdaniem, powinien użyć – ocynkowanych, pokadmowanych czy niklowanych, aby nie doszło do uszkodzenia karoserii zawierającej żelazo? Odpowiedź uzasadnij.

Odpowiedź zapisz w zeszycie do lekcji chemii, zrób zdjęcie, a następnie umieść je w wyznaczonym polu.

Zaloguj się, aby dodać ilustrację.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Wybierz prawidłową odpowiedź.

Inhibitory korozji to:

☐ związki przyspieszające reakcje chemiczne.

☐ silne kwasy.

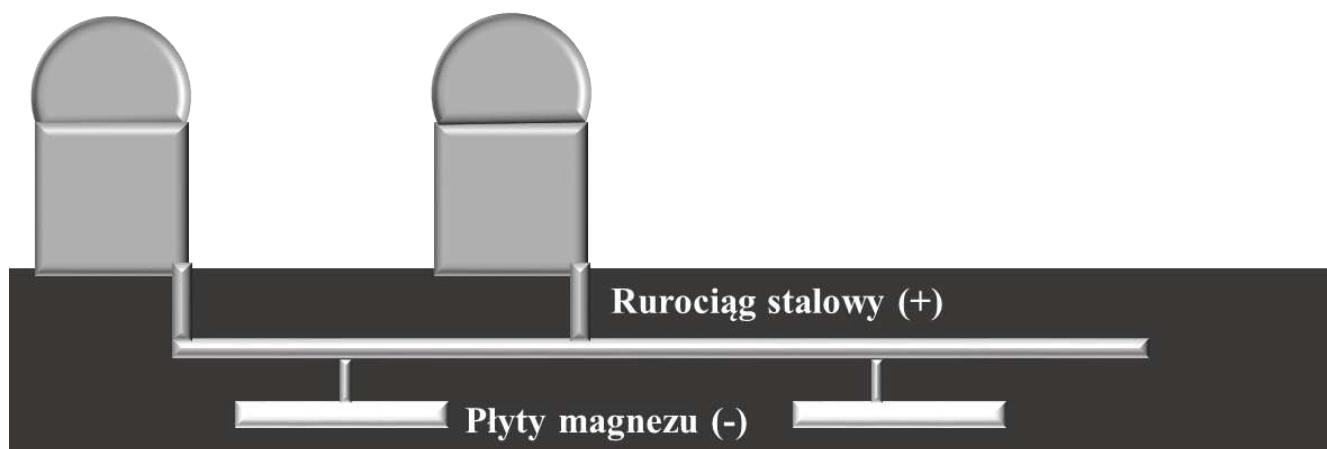
☐ opóźniacze korozji.

☐ związki, takie jak kleje czy sole cyny.

Ćwiczenie 2



Zaznacz zdania prawdziwe dotyczące protektorów:



Źródło: GroMar Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

- ☐ Płytę magnezową należy wymieniać.
- ☐ Płyty stalowe stanowią anodę.
- ☐ Magnez jest anodą, która ulega rozтворzeniu.
- ☐ Rysunek przedstawia schemat ochrony protektorowej stali przed korozją.

Ćwiczenie 3



Połącz metody ochrony przed korozją z ich opisami.

Smarowanie i oliwienie to

odizolowanie metalu przed czynnikami środowiska.

Chromowanie, niklowanie, cynkowanie, złocenie, srebrzenie to

odizolowanie metalu przed czynnikami środowiska – np. karoserie pojazdów, konstrukcje stalowe.

Malowanie i lakierowanie to

powlekanie metalami warstwami odpornymi na korozję lub stanowiącymi anodową warstwę ochronną – np. naczynia, sztuce, narzędzia chirurgiczne.

Powlekanie tworzywami sztucznymi (PCV, PE) np. siatki z drutu powleczanego PCV to

odizolowanie metalu przed czynnikami środowiska – elementy trące się (na przykład łożyska, cylindry silników samochodowych).

Ćwiczenie 4



Zielony nalot na dachu widocznym na rysunku to:



Zdjęcie do zadania nr 4

Źródło: dostępny w internecie: www.pixabay.com, domena publiczna.

☐ Jest to produkt pasywacji miedzi.

☐ Jest to produkt korozji glinu.

☐ Jest to produkt korozji żelaza.

☐ Jest to tzw. patyna lub śniedź.

Ćwiczenie 5



Wymień trzy sposoby zapobiegania korozji.

Odpowiedź:

Ćwiczenie 6



Wskaż, które metale mogą stanowić ochronę anodową, a które ochronę katodową dla stalowego elementu.

Ochrona anodowa

Ni

Ag

Al

Zn

Mg

Sn

Ochrona katodowa

Ćwiczenie 7



Na czym polega ochrona protektorowa?

Odpowiedź:

Ćwiczenie 8



Wyjaśnij, dlaczego przedmioty wykonane z żelaza pokrywa się powłoką cynkową.

Odpowiedź:

Dla nauczyciela

Scenariusz zajęć

Autor: Marcin Maćkiewicz, Krzysztof Błaszczak

Przedmiot: chemia

Temat: Jak uchronić się przed korozją?

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony; uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Poziom podstawowy i rozszerzony

Wymagania ogólne

II. Rozumowanie i zastosowanie nabytej wiedzy do rozwiązywania problemów. Uczeń:

- 1) opisuje właściwości substancji i wyjaśnia przebieg procesów chemicznych;
- 2) wskazuje na związek właściwości różnorodnych substancji z ich zastosowaniami i ich wpływem na środowisko naturalne;
- 4) wskazuje na związek między właściwościami substancji a ich budową chemiczną.

Wymagania szczegółowe

Poziom podstawowy

IX. Elektrochemia. Uczeń:

- 6) wyjaśnia przebieg korozji elektrochemicznej stali i żeliwa, pisze odpowiednie równania reakcji; opisuje sposoby ochrony metali przed korozją elektrochemiczną.

Poziom rozszerzony

IX. Elektrochemia. Ogniwa i elektroliza. Uczeń:

- 5) wyjaśnia przebieg korozji elektrochemicznej stali i żeliwa; pisze odpowiednie równania reakcji; opisuje sposoby ochrony metali przed korozją elektrochemiczną.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii;
- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne

Uczeń:

- wymienia i opisze sposoby ochrony metali przed korozją;
- wymienia przykłady powłok ochronnych przed korozją;
- określa, na czym polega pasywacja metali.

Strategie nauczania:

- asocjacyjna;
- problemowa.

Metody i techniki nauczania:

- dyskusja dydaktyczna;
- burza mózgów;
- ćwiczenia uczniowskie;
- analiza materiału źródłowego;
- kieszeń i szuflada;
- doświadczenie chemiczne;
- technika zdań podsumowujących;
- film samouczek.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do Internetu/smartfony, tablety;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, kreda, pisak;
- rzutnik multimedialny;
- aplikacja Mentimeter.

Przed lekcją

Na poprzedniej lekcji lub jeszcze wcześniej uczniowie dzielą się na pięć grup i przygotowują eksperyment „Badanie wpływu różnych czynników na przebieg procesu korozji”. Zadaniem każdej grupy będzie obserwowanie wpływu jednego spośród pięciu inhibitorów na stalowy gwóźdź (patrz materiały pomocnicze), sformułowanie obserwacji i wniosków, co najmniej po 48 godzinach.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Powrót do doświadczenia „Badanie wpływu różnych czynników na przebieg procesu korozji”. Każda grupa dokonuje obserwacji wpływu swojego inhibitora na proces korozji stalowego gwoźdźa i ustala wniosek. Po wyznaczonym czasie, na forum klasy liderzy grup dzielą się swoimi spostrzeżeniami i podają wnioski.
2. Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów. Burza mózgów wokół sposobów ochrony przed korozją. Nauczyciel może wykorzystać aplikację Mentimeter z zastosowaniem smartfonów/tabletów. Efektem powinny być zaproponowane sposoby ochrony przed korozją.
3. Ustalenie celów lekcji. Nauczyciel podaje temat zajęć i wspólnie z uczniami ustala cele lekcji, które uczniowie zapisują w portfolio.
4. Zasady BHP. Nauczyciel zapoznaje uczniów z kartami charakterystyk substancji, które będą używane na lekcjach.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy multimedialnej film samouczek, który przedstawia różne powłoki ochronne i ich działanie. Zadaniem uczniów jest ułożenie pytań do filmu, które zadają sobie nawzajem i udzielają odpowiedzi po projekcji filmu. Nauczyciel monitoruje przebieg pytania i odpowiadania.
2. Uczniowie samodzielnie analizują treści w e-materiale dotyczące sposobów zabezpieczania przed korozją. Uczniowie mogą wykonać krótką notatkę w zeszycie, a informacje będą mogli wykorzystać w dalszej części lekcji.
3. Nauczyciel zapisuje na tablicy problemy, które należy rozwiązać: „ W jaki sposób należy zabezpieczać wyroby stalowe przed korozją? Jak działania dana powłoka metaliczna, zwłaszcza po jej uszkodzeniu? Jak dobrać daną powłokę aby była powłoką czynną a nie bierną?” – uczniowie dyskutują, podają swoje propozycje i argumentacje.
4. Uczniowie pracują w parach z częścią „Sprawdź się”. Uczniowie wykonują zadania. Nauczyciel może wyświetlić treść poleceń na tablicy multimedialnej. Po każdym przeczytanym poleceniu nauczyciel daje uczniom określony czas na zastanowienie się, a następnie chętny uczeń z danej pary udziela odpowiedzi/prezentuje rozwiązanie na tablicy. Pozostali uczniowie ustosunkowują się do niej, proponując ewentualnie swoje pomysły. Nauczyciel w razie potrzeby koryguje odpowiedzi, dopowiada istotne informacje, udziela uczniom informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Kieszeń i szuflada. Nauczyciel rozdaje uczniom małe samoprzylepne karteczki. Prowadzący zajęcia rysuje na tablicy kieszeń, a obok niej zapisuje: „Co zabieram ze sobą?”. Tutaj uczeń ma wpisać to, co wyniósł z zajęć, co do niego szczególnie przemówiło, co się spodobało lub co mu się przyda w przyszłości. Poniżej nauczyciel rysuje szufladę i białą plamę. Obok szuflady zapisuje: „Co mi się nie przyda?”, a obok białej plamy: „Czego zabrakło?”. Poniższe rysunki uczeń wypełnia samoprzylepnymi karteczkami z zapisanymi krótkimi zdaniem, równoważnikami zdań lub kluczowymi słowami. Jest to okazja także do analizy przebiegu zajęć i szybkiej powtórki.
2. Jako podsumowanie lekcji, nauczyciel może wykorzystać zdania do uzupełnienia, które uczniowie zamieszczają w swoim portfolio:
 - Przypomniałam/łam sobie, że...
 - Co było dla mnie łatwe...
 - Dziś nauczyłam/łam się...
 - Co sprawiało mi trudność...

Praca domowa:

Uczniowie wykonują w e-materiale w sekcji „Sprawdź się” pozostałe ćwiczenia, których nie zdążyli wykonać na lekcji.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania multimedium:

Film samouczek może być wykorzystany przez nauczyciela do wykorzystania przed lekcją przez uczniów. Uczniowie mogą wykorzystać medium przygotowując się do pracy kontrolnej, a uczniowie nieobecni na lekcji mogą wykorzystać go do uzupełnienia luk kompetencyjnych.

Materiały pomocnicze:

1. Nauczyciel przygotowuje małe samoprzylepne karteczki.
2. Doświadczenie chemiczne „Badanie środowiska, w których zachodzi korozja metali”

Sprzęt i szkło laboratoryjne: pięć probówek, pięć stalowych gwoździ, blaszka cynkowa, statyw do probówek

Odczynniki chemiczne: woda destylowana, 2% roztwór wodny NaOH, kilka kryształków azotanu(III) sodu NaNO_2 , kilka kryształków chromianu(VI) potasu K_2CrO_4 .

Instrukcja wykonania:

Probówki napełnij do połowy odpowiednimi substancjami i umieść w każdej z nich gwoździe:

- probówka nr 1: woda destylowana + gwoździe;

- probówka nr 2: woda destylowana + kilka kryształków NaNO_2 + gwóźdź;
- probówka nr 3: woda destylowana + kilka kryształków K_2CrO_4 + gwóźdź;
- probówka nr 4: wodny roztwór 2% NaOH + gwóźdź;
- probówka nr 5: woda destylowana + gwóźdź owinięty blaszką cynkową.

Obserwacje i wnioski: obserwacje i wnioski po 24 godzinach oddziaływania danego roztworu na wybranym metal.

- Probówka nr 1 – obserwujemy jasnożółte zabarwienie roztworu oraz nieco osadu na dnie probówki. W wodzie destylowanej jest mało jonów będących nośnikami ładunku i proces korozji przebiega powoli.
- Probówka nr 2 – obserwujemy brak oznak korozji. Obecność NaNO_2 hamuje proces korozji.
- Probówka nr 3 – obserwujemy brak oznak korozji. Obecność K_2CrO_4 hamuje proces korozji, ponieważ stal pokrywa się warstwą chromianów.
- Probówka nr 4 – obserwujemy mało oznak korozji. Dość duże stężenie jonów OH^- hamuje proces i niszczenie żelaza zachodzi w niewielkim stopniu.
- Probówka nr 5 – obserwujemy brak korozji gwoździa. Cynk połączony z żelazem tworzy ogniwo galwaniczne, w którym jako metal aktywniejszy od żelaza jest anodą, a żelazo katodą. Taki układ zwartych elektrod ogniwa zapobiega korozji stali.

3. Karty charakterystyk substancji chemicznych: roztworu NaOH , NaNO_2 , K_2CrO_4 .