

# CZASOWA OCHRONA METALI PRZED KOROZJĄ



## 16.1 Korozja

Korozja jest przyczyną niszczenia wielu wyrobów. Szczególny problem stanowi korozja metali, a w tym korozja wyrobów żeliwnych i stalowych. Skorodowane przedmioty tracą swoje właściwości użytkowe i muszą być zastąpione nowymi. Elementy konstrukcji budowlanych, części maszyn oraz inne wykonane z metali wyroby ulegają korozji, ze względu na niestabilność metalu. Istnieje zależność między szybkością korozji a wpływem środowiska. Duża wilgotność, znaczne wahania temperatury, tropikalny klimat, kwaśne opary, pot z rąk i inne szkodliwe substancje powodują przyśpieszenie procesów korozji. Czynniki wpływającymi na przebieg procesów korozji są także: jakość powierzchni, stopień przetworzenia metalu i jego skład chemiczny oraz warunki magazynowania.

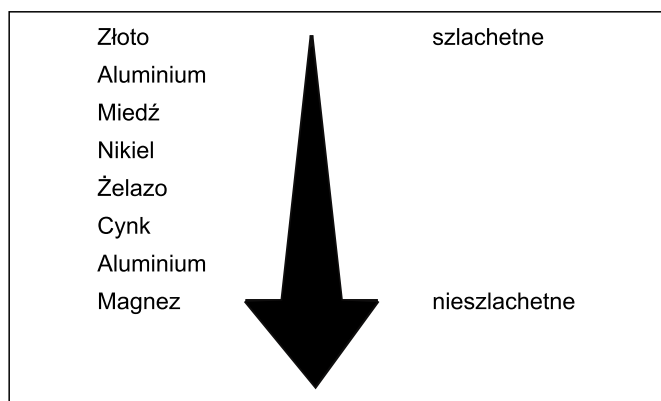
Zjawisko korozji występuje także w przypadku wyrobów wykonanych z materiałów niemetalowych, takich jak: beton, tworzywa sztuczne, ceramika, kamień itp.

**Korozja metali** (*corrodere – gnicie, toczenie przez organizmy*) – stopniowe niszczenie metalu pod wpływem chemicznego lub elektrochemicznego oddziaływania czynników środowiskowych, w wyniku czego metal ze stanu wolnego przechodzi w stan chemicznie związany. Ogólnie: korozja jest to nieodwracalna reakcja materiału z otoczeniem.

Pod pojęciem korozji rozumie się określenie przyczyn i skutków zjawiska oraz dodatkowe zjawiska związane z wpływem różnych czynników na przebieg procesu korozji.

Ze względu na rodzaj reakcji chemicznych towarzyszących procesowi korozji rozróżnia się:

- korozję elektrochemiczną,
- korozję chemiczną.



Rys. 16.1 Skłonność do korozji metali, w zależności od potencjału elektrochemicznego

**Korozja elektrochemiczna** – korozja będąca wynikiem reakcji elektrochemicznych towarzyszących działaniu elektrolitów lub zawilgoconych gazów na metale w warunkach, w których tworzą się ogniwa galwaniczne.

W przypadku korozji elektrochemicznej powstają tzw. ogniwa korozyjne, w których anoda ulega niszczeniu korozyjnemu (utlenieniu), a na katodzie zachodzi stechiometrycznie odpowiedni proces redukcji.

Przykładowo, w przypadku ogniwa wytworzonego ze stali i miedzi zanurzonego w elektrolicie (np. wodzie morskiej), korozji będzie ulegała stal (anoda), a na miedzi będzie wydzielał się wodór lub będą zachodziły inne procesy redukcji.

Poszczególne metale mają różne potencjały elektrochemiczne. Wyróżnia się metale szlachetne o bardzo małym potencjale elektrochemicznym oraz metale nieszlachetne, o dużym potencjale elektrochemicznym. Spośród powszechnie stosowanych metali najmniejszym potencjałem elektrochemicznym odznacza się złoto, a największym magnez. Skłonność do korozji elektrochemicznej w istotny sposób zależy od potencjału elektrochemicznego metalu, co ilustruje rys. 16.1.

**Korozja chemiczna** – reakcja materiału (metal) bezpośredniego z substancją agresywną bez udziału wody, np.: korozja zachodząca w środowisku suchych gazów lub w nieelektrolitach. Jest ona wynikiem reakcji chemicznych na granicy faz metal-środowisko.

Ze względu na rodzaj zniszczenia korozyjnego (rys.16.2) wyróżnia się:

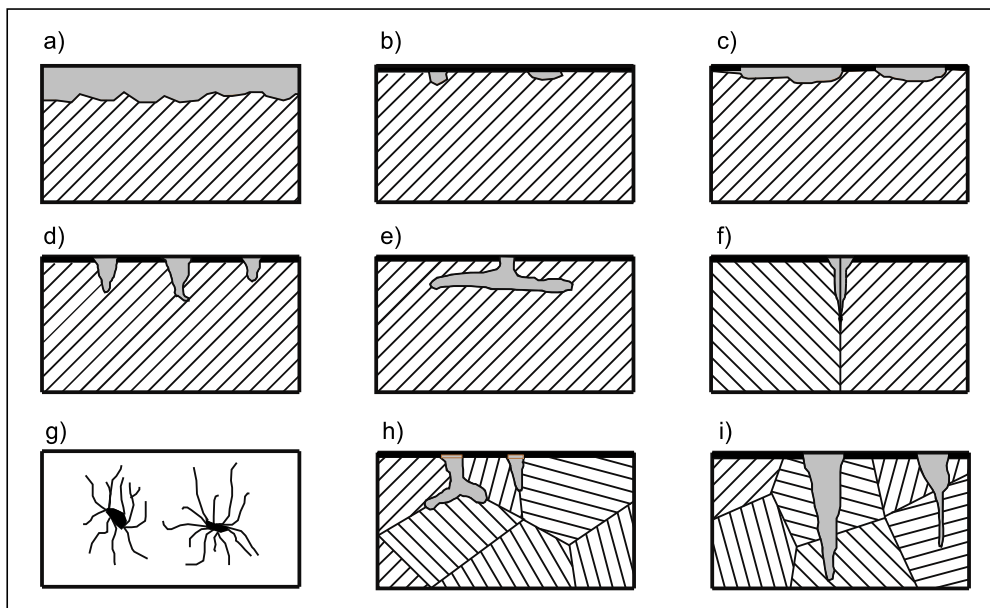
- korozję powierzchniową, występującą na całej powierzchni metalu,
- korozję miejscową, występującą w określonych miejscach metalu. Oba rodzaje korozji mają liczne odmiany.

W przypadku korozji powierzchniowej (rys. 16.2a) wyróżnia się korozję:

- równomierną, pokrywającą powierzchnię metalu równomierną warstwą,
- nierównomierną, występującą w pewnych miejscach powierzchni metalu lub na różnej głębokości.

W przypadku korozji miejscowej wyróżnia się korozję:

- punktową (rys. 16.2b), występującą w postaci rozsznycanych punktów w różnych miejscach na powierzchni metalu,
- plamową (rys. 16.2c), tworzącą plamy na powierzchni metalu,
- wżerową (rys. 16.2d), jest to tzw. atak korozyjny skoncentrowany w niektórych miejscach powierzchni metalu, powodujący tworzenie się głębokich wżerów, spowodowanych zróżnicowanym



Rys. 16.2 Wybrane rodzaje korozji metali  
a) powierzchniowa, równomierna, b) punktowa, c) plamowa, d) wżerowa, e) podpowierzchniowa, f) szczelinowa, g) nitkowa, h) międzykrystaliczna, i) śródkrystaliczna

działaniem czynników korozyjnych w różnych miejscach powierzchni metalu,

- podpowierzchniową (rys. 16.2e), rozwijającą się pod powierzchnią metalu lub pod naniesioną na metal powłoką ochronną,
- szczelinową (rys. 16.2f), wywołowaną wnikaniem elektrolitu w szczeliny konstrukcji, w rezultacie tworzenia się tzw. szczelinowych ogniw korozyjnych,
- nitkową (rys. 16.2g), występuje na powierzchniach metalu pokrytych powłoką ochronną (lakier), w postaci nie krzyżujących się charakterystycznych nitek wychodzących z jednego punktu, zwykle miejsca uszkodzenia powłoki ochronnej wykonanej z innego materiału,
- międzykrystaliczną (rys. 16.2h), występuje na granicach ziaren kryształów, jest najczęściej powodowana wydzielaniem się odrębnej fazy, zmieniającej skład chemiczny kryształu w miejscu styku ziaren kryształów,
- śródkrystaliczną (rys. 16.2i), rozprzestrzeniającą się w głąb materiału poprzez ziarna kryształów metalu.

W zależności od oddziaływań mechanicznych na materiał stanowiący materiał konstrukcyjny wyróżnia się korozję:

- naprężeniową, wywołowaną jednoczesnym oddziaływaniem na metal czynników korozyjnych i statycznych naprężeń rozciągających,
- zmęczeniową, wywołowaną jednoczesnym oddziaływaniem na metal czynników korozyjnych i szybkozmiennych naprężeń mechanicznych,
- cierną, wywołowaną jednoczesnym oddziaływaniem na metal czynników korozyjnych i tarcia.

Obok tych podstawowych rodzajów korozji, wyróżnia się wiele rodzajów szczególnych, jak korozja:

- biologiczna, wywołowana działaniem produktów procesów fizjologicznych, organizmów żywych (roślin lub zwierząt),
- mikrobiologiczna, wywołowana oddziaływaniem na materiał produktów przemiany materii mikroorganizmów (bakterii, grzybów, drożdży),
- gazowa, wywołowana chemicznym oddziaływaniem agresywnych gazów,
- kawitacyjna, wywołowana zjawiskiem kawitacji, niekiedy z jednoczesnym korozyjnym oddziaływaniem agresywnego środowiska,
- kontaktowa, występująca na styku dwóch różnych metali,
- morska, powstająca w miejscach kontaktu metalu z wodą morską,

- radiacyjna, wywołowana jednoczesnym oddziaływaniem na metal czynników korozyjnych oraz promieniowania,
- spoin, wywołowana oddziaływaniem na metal czynników korozyjnych i zmianami struktury metalu w miejscach spoin spawalniczych,
- wodorowa, wywołowana w wyniku przenikania wodoru w głąb metalu i tworzeniu kawern we wnętrzu metalu oraz powodująca kruchość metalu,
- glebowa, wywołowana agresywnym oddziaływaniem składników gleby na metal.

W procesach korozji środowiskiem agresywnym są najczęściej: faza gazowa, faza ciekła lub mieszanina fazy gazowej i ciekłej. Z tego względu, biorąc pod uwagę

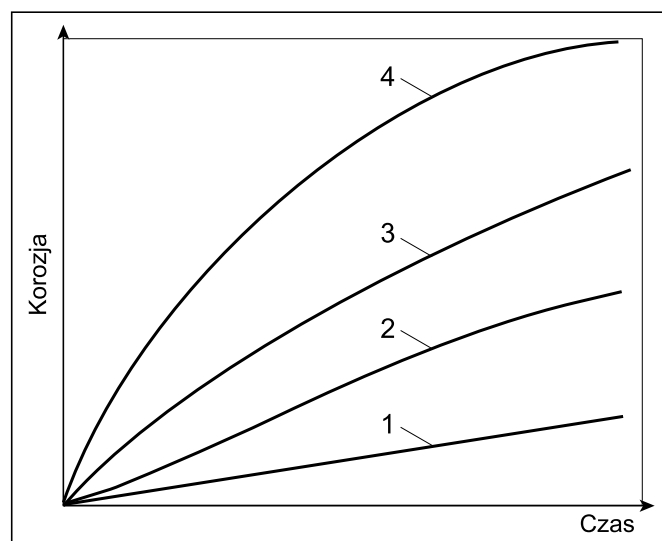
stan skupienia agresywnego środowiska wyróżnia się:

- korozję gazową,
- korozję atmosferyczną,
- korozję w cieczach, w szczególności w wodzie.

Czynnikami wpływającymi na procesy korozyjne są:

- właściwości metalu: skład pierwiastkowy, potencjał elektrochemiczny, zanieczyszczenia, sposób otrzymywania, sposób obróbki, gładkość powierzchni i inne,
- otoczenie z jakim metal ma kontakt: natężenie czynników wywołujących korozję (tlenu, wody, kwasów itp.),
- warunki pracy metalu: czynniki zmęczeniowe, tarcie, kształt wyrobu, sposób łączenia (spawanie, zgrzewanie, lutowanie)
- temperatura – procesy korozyjne najczęściej ulegają przyspieszeniu wraz ze wzrostem temperatury, czynnikiem szkodliwym może być także częsta zmiana temperatury metalu lub środowiska,
- czas i związane z nim procesy starzenia metalu i powłok ochronnych, a także występujące naprężenia (zmęczenie metalu).

Charakter zmian szybkości procesu korozyjnego stali konstrukcyjnej, w zależności od agresywności środowiska przedstawia rys. 16.3.



Rys. 16.3 Charakter zmian szybkości procesu korozji w zależności od korozyjności środowiska (powietrza)  
1 – suche, czyste, 2 – wilgotne, czyste, 3 – morskie, 4 – wilgotne, chemicznie korozyjne

Do ilościowej oceny odporności metali na korozję są stosowane następujące parametry:

- **szybkość korozji  $V_c$** , określana ubytkiem masy próbki metalu w stosunku do powierzchni próbki i czasu, obliczana wg wzoru (16.1):

$$V_c = \frac{M_1 - M_2}{A \cdot t} \quad (16.1)$$

w którym:

$M_1$  – masa próbki przed badaniem, [g],

$M_2$  – masa próbki po badaniu, [g],

$A$  – czynna powierzchnia próbki, [m<sup>2</sup>],

$t$  – czas [doby lub lata].

- **liniowa szybkość korozji  $V_p$** , stanowiąca ubytek przekroju próbki, określany w milimetrach w odniesieniu do jednostki czasu, obliczana wg wzoru (16.2):

$$V_p = \frac{D_1 - D_2}{t} \quad (16.2)$$

w którym:

$D_1$  – grubość próbki przed badaniem, [mm],

$D_2$  – grubość próbki po badaniu, [mm],

$t$  – czas [lata].

- **trwałość korozyjna  $T_r$** , określana przez odniesienie czasu działania środowiska korozyjnego do ubytku przekroju próbki, określana wzorem (16.3):

$$T_r = \frac{t}{D_1 - D_2} \quad (16.3)$$

w którym:

$D_1$ ,  $D_2$ ,  $t$  – jak we wzorze (16.2).

Parametry:  $V_c$ ,  $V_p$ ,  $T_r$  stanowią podstawę opracowania tzw. skali odporności metali na korozję, przytoczonej w tabeli 16.1. Skala ta powinna być uwzględniana przy doborze środków ochrony czasowej metali.

Ze względu na znaczenie ekonomiczne, ważnym szczególnym przypadkiem korozji jest tzw. rdzewienie żelaza i jego stopów.

**Rdzewienie** – proces korozji żelaza i jego stopów (w tym stali) w rezultacie oddziaływania tlenu i wody, w wyniku którego na powierzchni metalu tworzą się warstewki produktów korozji.

Rdza, powstająca w wyniku rdzewienia, tworzy na powierzchni metalu charakterystyczne warstewki kruchych i porowatych uwodnionych tlenków żelaza ( $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ ) i magnetytu ( $Fe_3O_4$ ), nie zabezpieczających metalu przed dalszym rdzewieniem.

W praktyce przemysłowej i eksploatacji pojazdów i maszyn problemy związane z korozją najczęściej powstają w następujących przypadkach:

- długotrwałego magazynowania detali i maszyn, w korozyjnie agresywnym środowisku,
- stosowania do obróbki detali cieczy chłodziwo-smarujących lub cieczy hartowniczych, zawierających wodę,
- wykonywania ręcznych operacji,
- transportu detali.

## 16.2 Metody przeciwdziałania korozji metali

Do trwałych sposobów ochrony korozyjnej należą procesy chemicznej obróbki powierzchni metali: oksydowanie, fosfatawanie lub powlekania farbą przeciwkorozyjną, czy też galwaniczne pokrywanie metaliczną powłoką. Takie traktowanie powierzchni – zwane też stałą ochroną przed korozją – ma wadę polegającą na tym, że usunięcie tych powłok nie jest możliwe bez naruszenia powierzchni materiału.

Podczas produkcji wyrobów metalowych: łożysk, kół zębatach, przyrządów pomiarowych, narzędzi, części do pojazdów, broni i innych precyzyjnych części maszyn, blach kształtowników, szyn itp. powstaje problem ich ochrony czasowej przed korozją i rdzewieniem. Problem ten występuje również w przypadku transportu części metalowych (zwłaszcza drogą morską, a także podczas długotrwałego magazynowania, w szczególności w warunkach tropikalnych). Ochrona przed korozją musi być także zagwarantowana w przypadkach gdy wyroby metalowe są używane okresowo, a następnie długotrwałe magazynowane (np. broń).

Podstawowe sposoby przeciwdziałania korozji i rdzewienia metali:

- dobór odpowiedniego metalu, w zależności od właściwości (agresywności) środowiska,
- modyfikacja składu pierwiastkowego metalu, poprzez wprowadzenie domieszek metali lub innych pierwiastków powodujących lepszą odporność na korozję,
- nanoszenie na powierzchnię metalu metalicznych powłok ochronnych, odpornych na korozję (np.: niklowanie, chromowanie, złocenie itp.),
- nanoszenie na powierzchnię metalu niemetalicznych powłok ochronnych, odpornych na korozję (lakierowanie, emaliowanie, cementowanie oraz nakładanie: asfaltu, smoły, parafiny, smarów plastycznych, olejów itp.),
- zmiana struktury powierzchni metalu lub składu chemicznego warstwy powierzchniowej przez wytworzenie na jego powierzchni związku chemicznego (najczęściej tlenku, fosforanu chromianu itp.), na drodze zabiegów chemicznych lub elektrochemicznych (nawęglanie, oksydowanie, utlenianie anodowe, fosforanowanie, chromianowanie, pasywacja itp.),

Tabela 16.1 Skala odporności metali na korozję

| Grupa odporności korozyjnej |            | Stopień odporności korozyjnej | Szybkość korozji |                                   | Trwałość korozyjna, $T_r$ , rok/mm | Określenia            |
|-----------------------------|------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| Określenie                  | Oznaczenie |                               | $V_p$ , mm/rok   | $V_c$ , kg/(m <sup>2</sup> ·doba) |                                    |                       |
| Całkowicie odporne          | I          | 1                             | < 0,001          | < 0,00274ρ                        | Nie określa się                    | Całkowicie trwałe     |
| Bardzo odporne              | II         | 2                             | 0,001...0,005    | 0,00274ρ...0,0137ρ                | Nie określa się                    | Bardzo trwałe         |
|                             |            | 3                             | 0,005...0,01     | 0,0137ρ...0,0274ρ                 | Nie określa się                    | Bardzo trwałe         |
| Odporne                     | III        | 4                             | 0,01...0,05      | 0,0274ρ...0,137ρ                  | 10...100                           | Trwałe                |
|                             |            | 5                             | 0,05...0,1       | 0,137ρ...0,274ρ                   |                                    |                       |
| O mniejszej odporności      | IV         | 6                             | 0,1...0,5        | 0,274ρ...1,37ρ                    | 1...10                             | O mniejszej trwałości |
|                             |            | 7                             | 0,5...1,0        | 1,37ρ...2,74ρ                     |                                    |                       |
| Mało odporne                | V          | 8                             | 1,0...5,0        | 2,74ρ...13,7ρ                     | 0,1...1                            | Mało trwałe           |
|                             |            | 9                             | 5,0...10,0       | 13,7ρ...27,4ρ                     |                                    |                       |
| Nieodporne                  | VI         | 10                            | > 10,0           | > 27,4ρ                           | < 0,1 (36 dni)                     | Nietrwałe             |

Gdzie ρ – gęstość metalu, w g/cm<sup>3</sup>

- ochrona katodowa (anodowa), polegająca na tym, że do chronionej konstrukcji dołącza się zewnętrzną anodę (kato-  
dę) w postaci metalu o potencjale elektrodowym niższym  
(wyższym) niż metal, z którego jest wykonana chroniona kon-  
strukcja (np. cynk w przypadku katodowej ochrony urządzeń  
wykonanych ze stali),
- stosowanie inhibitorów korozji, w składzie czynnika agresywne-

go, a także w składzie środków smarowych, paliw, cieczy eksplo-  
atacyjnych, cieczy do obróbki metali, gazów,

- osłabienie agresywności środowiska np. poprzez osuszanie po-  
wietrza i wiele innych.

Szczególnym przypadkiem ochrony metali przed korozją i rdze-  
wieniem jest tzw. ochrona czasowa. Polega ona na konserwacji  
wyrobów metalowych łatwo usuwalnymi lub nie wymagającymi  
usuwania środkami konserwacyjnymi oraz na pakowaniu ochron-  
nym.

**Tabela 16.2 Zastosowania ochrony czasowej**

|                        |                                     |
|------------------------|-------------------------------------|
| <b>Uzbrojenie</b>      | Broń strzelecka                     |
|                        | Sprzęt artyleryjski                 |
|                        | Amunicja                            |
|                        | Pojazdy bojowe                      |
|                        | Elektronika                         |
|                        | Lotnictwo                           |
| <b>Maszyny</b>         | Łożyska toczne                      |
|                        | Obrabiarki                          |
|                        | Silniki                             |
|                        | Maszyny ciężkie                     |
|                        | Ciągniki                            |
|                        | Pojazdy                             |
|                        | Narzędzia                           |
| <b>Wyroby hutnicze</b> | Blachy                              |
|                        | Taśmy                               |
|                        | Pręty szlifowane                    |
|                        | Profile                             |
|                        | Druty                               |
|                        | Liny                                |
| <b>Wyroby różne</b>    | Galanteria metalowa gwintowana      |
|                        | Galanteria metalowa                 |
|                        | Aparatura optyczna precyzyjna       |
|                        | Oprzętdowanie                       |
|                        | Rury                                |
|                        | Aparatura chemiczna                 |
|                        | Pompy                               |
|                        | Silniki elektryczne                 |
|                        | Sprzęt elektroniczny                |
|                        | Szafy sterownicze                   |
|                        | Aparatura kontrolna                 |
| <b>Eksploatacja</b>    | Maszyny rolnicze                    |
|                        | Samochody osobowe                   |
|                        | Autobusy                            |
|                        | Samoloty rolnicze                   |
|                        | Maszyny budowlane                   |
|                        | Maszyny górnicze                    |
| <b>Przeznaczenie</b>   | Ochrona międzyoperacyjna            |
|                        | Ochrona krótkookresowa              |
|                        | Ochrona długookresowa               |
|                        | Kooperacja                          |
|                        | Transport lądowy                    |
|                        | Transport morski                    |
|                        | Transport w warunkach tropikalnych  |
|                        | Transport otwarty                   |
|                        | Magazynowanie w pomieszczeniach     |
|                        | Magazynowanie pod wiatą             |
|                        | Magazynowanie na wolnej przestrzeni |

**Czasowa ochrona metali przed korozją** – zespół czynności  
zabezpieczających przed korozją i rdzewieniem wyrobów me-  
talowych w okresie ich obróbki, montażu, magazynowania,  
transportu i użytkowania.

Najłatwiejsze do usunięcia są filmy przeciwkorozyjne, stosowa-  
ne jako tymczasowe lub krótkotrwałe pokrycia. Filmy te z reguły  
zawierają czynne substancje, które z powodu ich właściwości  
chemicznych oddzielają metaliczne powierzchnie od elektrolitów  
i w ten sposób chronią przedmioty przed korozją. Odpowiedni  
dobór środków przeciwkorozyjnych zależy od wielu czynników. Ma  
na to wpływ rodzaj chronionego materiału, niezbędny czas ochro-  
ny przeciwkorozyjnej, sposób i trwałość наносzonych filmów, kli-  
matyczne uwarunkowania, jakość powierzchni itd.

W zakres wykonywanych czynności ochrony czasowej wchodzi:

- ochrona przeciwkorozyjna części podczas ich wytwarzania (sto-  
sowanie odpowiednio inhibitowanych cieczy obróbkowych),
- oczyszczanie i osuszanie powierzchni metali,
- stosowanie środków konserwacyjnych,
- pakowanie.

Szczegółowy opis zastosowań dotyczących ochrony czasowej,  
przytoczono w tabeli 16.2.

Ważnym elementem czasowej ochrony metali przed korozją  
i rdzewieniem jest stosowanie właściwie dobranych środków kon-  
serwacyjnych – środków czasowej ochrony metali przed korozją.

### 16.3 Środki czasowej ochrony przed korozją

**Środki czasowej ochrony przed korozją** – substancje nakła-  
dane na powierzchnie metalowe lub powłoki ochronne nie-  
metaliczne, tworzące na powierzchni łatwo usuwalne lub nie  
wymagające usuwania powłoki, chroniące metal przed korozją  
w określonym środowisku i ograniczonym czasie.

Jako środki ochrony czasowej metali przed korozją najczęściej  
są stosowane:

- oleje mineralne z pakietem dodatków – oleje konserwacyjne,
- oleje konserwacyjne z rozpuszczalnikiem,
- smary węglowodorowe lub zawierające zagęszczacz mydlany  
z pakietem dodatków – smary konserwacyjne,
- smary konserwacyjne z rozpuszczalnikiem,
- roztwory wosków lub lanoliny z pakietem dodatków,
- substancje syntetyczne tworzące film cienki lub ultra cienki bę-  
dące zazwyczaj specjalnym inhibitorem korozji roztworzonym  
w odpowiednim rozpuszczalniku,
- wodne emulsje zawierające środek konserwacyjny.

Środki ochrony czasowej, obok składników podstawowych,  
a w określonych przypadkach rozpuszczalnika, zawierają dodatki:  
inhibitory korozji, inhibitory utlenienia, substancje zwilżające,  
biocydy, barwniki, a w przypadku smarów konserwacyjnych także  
zagęszczacze.

W praktyce rozróżnia się następujące typy środków ochrony  
czasowej:

- przeciwkorozyjne nie zawierające rozpuszczalników – typ 1,
- przeciwkorozyjne zawierające rozpuszczalniki – typ 2,
- przeciwkorozyjne mieszające się z wodą lub tworzące z nią  
emulsje – typ 3.

Środki ochrony przed korozją typu 1, są to konserwacyjne  
(przeciwkorozyjne) oleje ochronne. Zawierają one oleje mineral-

ne z dodatkiem lub nie inhibitorów korozji. W zależności od wprowadzonych dodatków i lepkości olejów użytych jako baza, tworzą filmy o różnej trwałości, o oleistym charakterze. Stosowane są do długoterminowej konserwacji wewnętrznych powierzchni bardzo małych części, małych maszyn, hydrauliki, części napędów itd. Konserwowane elementy powinny być zapakowane lub przykryte podczas składowania w zamkniętych pomieszczeniach.

Specjalną odmianą środków ochrony czasowej są oleje ochronne z zawartością inhibitorów korozji, rodzaju VCI (VCI – Volatile Corrosion Inhibitor – lotny inhibitor korozji), zwanymi inhibitorami w fazie parowej (gazowej). Inhibitory te powodują dodatkowe tworzenie kompleksów na powierzchniach metali. Chronią one powierzchnie elementów konstrukcyjnych, niewystarczająco chronionych przez film ochronny.

Do kolejnej grupy środków ochrony przed korozją zalicza się mineralne oleje emulgujące z wodą, do których najczęściej wprowadzono substancję ułatwiającą tworzenie emulsji – tzw. emulgator. Tworzą one z wodą stabilne lub półstabilne emulsje. Emulsje te mogą być наносzone przez natrysk lub drogą zanurzenia. Półstabilny typ emulsji rozdziela się bezpośrednio po zetknięciu z metalem: olej tworzy tu równomierny film przeciwkorozyjny, a woda samoczynnie opuszcza chroniony przedmiot. Olejowy film jest trudno reemulgowany, co chroni przedmiot przed zmywaniem wodą. Stosowanie tego typu środków ochrony czasowej zaleca się przy wewnątrzzakładowej konserwacji małych elementów i półfabrykatów lub ogólnie – do krótkotrwałej ochrony przed korozją.

W składzie środków ochrony czasowej najistotniejszym dodatkiem (składnikiem) są inhibitory korozji. Jako inhibitory korozji są stosowane różne substancje chemiczne. Najczęściej są to:

- mydła wapniowe, barowe i inne wielkocząsteczkowych kwasów tłuszczowych,
- sole kwasów naftenowych,
- sole kwasów naftenosulfonowych,
- sole kwasów alkiloarylosulfonowych,
- wielkocząsteczkowe aminy alifatyczne,
- sole amin i kwasów tłuszczowych,
- amidy,
- imidazoliny,
- alkilmerkaptany,
- estry chromianowe IV-rzędowych alkoholi,
- oraz ich odpowiednio dobrane mieszaniny i wiele innych substancji.

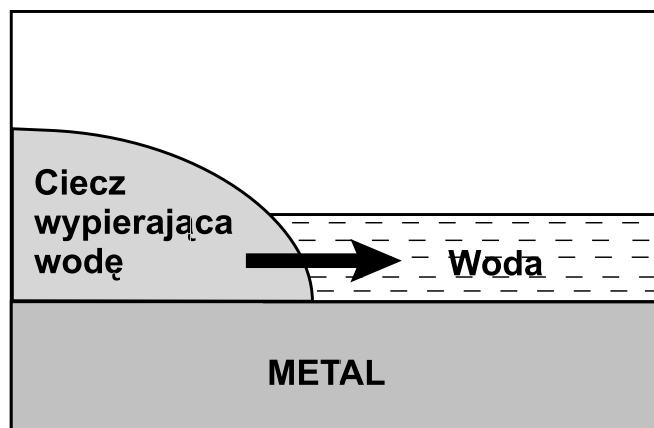
Jako skuteczne inhibitory korozji są także stosowane niektóre pochodne: fenoli, kwasów alkilo- i arylofosforowych, glicerydy, estry i inne.

Skład inhibitorów korozji najczęściej jest ściśle chronioną tajemnicą producenta i bywa ujawniany, tylko w przypadku, gdy powoduje szczególnie zagrożenia dla ludzi lub środowiska.

Wyróżnia się inhibitory korozji jonowe i niejonowe (organiczne). W większości przypadków mechanizm działania jonowych inhibitorów korozji polega na spowolnieniu procesu elektrochemicznego (katodowego lub anodowego) na powierzchni metalu. Organiczne inhibitory korozji są natomiast adsorbowane na powierzchni metalu; tworzą szczelną powłokę, wypierają wodę i elektrolity, chroniąc w ten sposób przed procesami elektrochemicznymi. Inhibitory korozji adsorbują się na czystej powierzchni metalu natomiast nie ulegają adsorpcji na powierzchni utlenionej. Wynika z tego, że środki zawierające inhibitor korozji powinny być nakładane na czystą powierzchnię, możliwie szybko po obróbce metalu.

Niektóre środki ochrony czasowej zawierają składniki powodujące wypieranie wody z powierzchni metalu. Mechanizm działania tego typu substancji wynika z większej niż w przypadku wody zwilżalności metalu, co ilustruje rys. 16.4.

W praktyce przemysłowej są stosowane następujące metody nanoszenia środka konserwacyjnego na części, przeznaczone do ochrony czasowej:



Rys. 16.4 Efekt usuwania wody z powierzchni metalu przez substancje o właściwościach wypierania wody

- zanurzenie detalu,
- natrysk na powierzchnię,
- malowanie pędzlem (smarowanie).

**Metoda zanurzeniowa** polega na zanurzeniu detalu w ciepłym środku konserwacyjnym, następnie wyjęciu z tego środka, poddaniu procesowi usuwania nadmiaru: obcieknięciu, odwirowaniu, odparowaniu rozpuszczalnika, a także ostygnięciu. Metodę zanurzeniową stosuje się do czasowej konserwacji detali o niewielkich gabarytach.

W praktyce przemysłowej środek konserwacyjny jest umieszczony w wannie o odpowiednich rozmiarach. W zależności od konsystencji środka konserwacyjnego wanna może być podgrzewana (konserwacja na gorąco) lub nie (konserwacja na zimno). Konserwowane części są wsypywane do specjalnego kosza, który jest następnie zanurzany w wannie zawierającej środek konserwacyjny lub zanurzane kolejno przy użyciu specjalnego podajnika. Czas zanurzenia wynosi 2...10 minut, w zależności od wielkości i kształtu części oraz właściwości środka konserwacyjnego. Zaleca się, aby konserwowane detale nie stykały się ze sobą.

Metoda zanurzeniowa jest bardzo dobrym sposobem konserwacji. Środek konserwacyjny wnika do wszystkich otwartych części detalu, pokrywając go w miarę równomiernie.

Metoda na zimno jest stosowana w przypadku konieczności ochrony międzyoperacyjnej i krótkotrwałej. Jako środki konserwacyjne są stosowane oleje o małej lepkości lub środki ochrony czasowej zawierające rozpuszczalnik. W zależności od lotności rozpuszczalnika jego odparowanie trwa 3...20 minut. Pary rozpuszczalnika są odprowadzane poprzez wyciąg, skraplane i zwracane do procesu.

Metoda na gorąco jest stosowana w przypadku konieczności zakonserwowania detali na czas dłuższy. W celu odparowania wody kąpiel jest wstępnie wygrzewana do temperatury 100...105°C, przez 20...40 minut. Stosowane środki ochrony czasowej tworzą na powierzchni metalu grubą warstwę środka konserwacyjnego. Grubość warstwy jest regulowana temperaturą kąpeli oraz czasem operacji. W praktyce stosuje się dwie odmiany tej metody: jednokrotne lub dwukrotne zanurzenie konserwowanego detalu.

W przypadku jednokrotnego zanurzania, temperaturę kąpeli utrzymuje się w granicach 60...70°C, a konserwowana część jest w niej utrzymywana przez 3...20 minut. W przypadku metody z zanurzeniem dwukrotnym, temperaturę kąpeli do zanurzenia pierwszego utrzymuje się w granicach 100...105°C, a czas zanurzenia części wynosi 3...15 minut. Kolejne zanurzenie wykonuje się w kąpeli o temperaturze 60...70°C a czas zanurzenia części ustala się na 1...3 minut. Zaletą metody na gorąco jest całkowite odparowanie wody z powierzchni metalu. Po operacjach nanieśienia środka konserwacyjnego części są pakowane w parafinowany papier, często zawierający lotny inhibitor korozji.

Metoda zanurzeniowa jest najczęściej stosowana w przypadku nakładania środków dających warstwę cienką lub ultracienką.

W takim przypadku czasy zanurzenia i odparowania rozpuszczalnika są znacznie krótsze i powinny być zgodne z zaleceniami podanymi w przepisie, dołączanym do opakowań środka konserwacyjnego.

**Metoda natryskowa** jest stosowana w przypadku konserwacji dużych części, których nie można zanurzyć w wannie z środkiem konserwacyjnym. Środek konserwacyjny jest natryskiwany specjalnym pistoletem, pod ciśnieniem 2...3 barów. Natrysk jest wykonywany na zimno lub na gorąco.

Grubość nałożonej warstwy jest regulowana poprzez liczbę kolejnych natrysków. W metodzie natryskowej istotna jest jednolitość i szczelność powłoki. Z tego względu lepsze rezultaty daje metoda dwu lub trzykrotnego nanoszenia warstwy ochronnej. Należy zwracać uwagę, aby środek konserwacyjny nie służył z konserwowanej części.

Natrysk środka konserwacyjnego może być również wykonywany przy użyciu atomizera (spray), gdyż wynośnikiem (propelantem), jest najczęściej CO<sub>2</sub> lub bezchlorowy freon (HFC), najczęściej fluorowęglowodór (134 A). Metoda ta jest stosowana w przypadku doraźnej konieczności zakonserwowania części lub urządzenia (np. broni).

**Metoda malowania (smarowania)** polega na ręcznym lub mechanicznym (blachy, kształtowniki) nanoszeniu środka konserwacyjnego na powierzchnie przeznaczone do ochrony, przy użyciu pędzla z miękkim włosiem. Środek konserwacyjny jest nakładany na zimno lub na gorąco.

Niekiedy środek konserwacyjny jest nakładany pędzlem zamocowanym w odpowiednio ukształtowanym pojemniku, z którego wypływa środek konserwacyjny. Metoda ta jest stosowana w przypadku doraźnej konieczności konserwacji części o dużych

gabarytach (np. broni artyleryjskiej itp.).

Wyróżnia się następujące metody usuwania środka ochrony czasowej z powierzchni zakonserwowanych części:

- usuwanie mechaniczne poprzez zluszczenie, ścieranie lub zeskrobywanie,
- mycie rozpuszczalnikami organicznymi, na zimno lub na gorąco,
- mycie wodnymi roztworami detergentów, na zimno lub na gorąco,
- działaniem gorącej pary wodnej, pod niskim ciśnieniem.

Środki ochrony czasowej tworzące na powierzchni metalu warstwę ultracienką zazwyczaj nie są usuwane przed kolejnymi procesami obróbki lub eksploatacją.

## 16.4 Klasyfikacje środków ochrony czasowej metali przed korozją

W praktyce przemysłowej i eksploatacyjnej, środki czasowej ochrony metali często są klasyfikowane wg zapewnianego czasu ochrony metalu przed korozją, do ochrony:

- długookresowej (powyżej 18 miesięcy),
- średniookresowej (6 do 18 miesięcy),
- krótkotrwałej (do 6 miesięcy).

Wyróżnia się również środki do ochrony międzyoperacyjnej (kilka dni), stosowane w przypadku konieczności konserwacji wykonywanych części między kolejnymi operacjami obróbki lub montażu.

Z punktu widzenia konsystencji i składu chemicznego praktycy dzielą środki ochrony czasowej na:

- oleje konserwacyjne,
- półpłynne smary ochronne,

**Tabela 16.3 Klasyfikacja olejów przemysłowych wg ISO 6743/8: 1987. Rodzina R (czasowa ochrona przed korozją)**

| Symbol ISO  | Skład i właściwości   | Zastosowania  |
|---|---|---|
| <b>Ochrona metali nie powlekanych w lekkich warunkach składowania (do 4 miesięcy, niewielka wilgotność, rak warunków korozyjnych)</b> |   |   |
| RA  | Ciecze wypierające wodę, pozostawiające cienki film ochronny,                 | Obrabiane i gruntowane części z obróbki międzyoperacyjnej (usuwane rozpuszczalnikiem lub detergentem, usuwanie może nie być konieczne)  |
| RB  | Ciecze na bazie wody, pozostawiające cienki film olejowy                      |   |
| RBB   | Produkty RB z właściwościami wypierania wody                                  |   |
| RC  | Ciecze nie rozcieńczone   |   |
| RCC   | Produkty RC z właściwościami wypierania wody                                  |   |
| <b>Ochrona metali nie powlekanych, w ciężkich warunkach składowania</b>   |   |   |
| RD  | Nie rozcieńczone ciecze   | Blachy stalowe, płaskie części metalowe, rury stalowe, pręty, druty, odlewy, części z obróbki międzyoperacyjnej lub do spęczania, nakrętki, śruby i arkusze aluminium, usuwane rozpuszczalnikiem lub detergentem wodnym |
| RDD   | Produkty RD z właściwościami wypierania wody                                  |   |
| RE  | Ciecze na bazie rozpuszczalników, które pozostawiają olejowy lub smarowy film |   |
| REE   | Produkty RE z właściwościami wypierania wody                                  | Części mechaniczne do spęczania, arkusze aluminiowe, film usuwany rozpuszczalnikiem lub detergentem wodnym  |
| RF  | Ciecze na bazie rozpuszczalnika pozostawiające film woskowy do suchego        |   |
| RFF   | Produkty RF z właściwościami wypierania wody                                  | Do ciężkich maszyn, zwrotnic, usuwane rozpuszczalnikiem lub mechanicznie  |
| RG  | Ciecze na bazie rozpuszczalników, pozostawiające bitumiczny film              |   |
| RH  | Ciecze na bazie wody, pozostawiające woskowe do smarnego filmy                | Rury, druty i części mechaniczne, film usuwany rozpuszczalnikiem lub detergentem wodnym   |
| RP  | Ciecze wodne lub rozpuszczalnikowe pozostawiające zluszczający się film       | Blachy aluminiowe lub ze stali nierdzewnej, film usuwany przez zdzieranie lub użycie odpowiednich rozpuszczalników lub środków wodnych  |
| RT  | Powłoki plastyczne nakładane po stopieniu                                     | Części obrabiane lub gruntowane, małe kruche narzędzia, powłoki usuwane przez zdzieranie  |
| RK  | Miękki lub gęsty smar stosowany na zimno lub gorąco                           | Łożyska, obrabiane części, powłoka usuwana rozpuszczalnikiem lub wycierana  |
| <b>Ochrona metali powlekanych, wszystkie warunki</b>  |   |   |
| RL  | Nie rozcieńczona ciecz  | Stalowe powlekane blachy z wyjątkiem cynowanych. Powłoki cynowane, części zmontowane: silniki, broń, powłoka usuwana zluszczeniem lub przez zastosowanie rozpuszczalnika lub środka wodnego                             |
| RM  | Ciecze rozpuszczalnikowe lub wodne dające powłoki woskowe do suchych          | Malowane powierzchnie, karoserie samochodów, powlekane blachy stalowe   |

- smary ochronne twarde lub maziste,
- smary ochronne w rozpuszczalniku,
- środki na bazie wosków mineralnych lub syntetycznych,
- roztwory lanoliny w rozpuszczalnikach lub inne preparaty lanolinowe,
- środki myjąco-konserwacyjne,
- wodne roztwory środków ochrony czasowej.

**Klasyfikacja wg ISO 6743-8:1987** jest próbą nowoczesnego uporządkowania środków ochrony czasowej metali przed korozją. Według tej klasyfikacji wśród środków smarowych olejów przemysłowych i produktów podobnych (klasa L) wg ISO 6743/0, środki ochrony czasowej przed korozją są zaliczane do grupy oznaczanej symbolem R i klasyfikowane wg ISO 6743-8:1987.

Normy te klasyfikują produkty przeznaczone do zapewnienia czasowej ochrony przeciwkorozyjnej, przy czym pod pojęciem „ochrona czasowa” należy rozumieć, że środki te są możliwe do usunięcia z chronionych powierzchni. Pojęcia ochrona czasowa nie należy odnosić do efektywnego czasu ochrony przeciwkorozyjnej.

Klasyfikacja ta nie obejmuje środków, których zasadnicze zastosowanie ma inny cel (np. smarowanie), a które jednocześnie zapewniają czasową ochronę przeciwkorozyjną. Z klasyfikacji tej są również wyłączone inhibitory korozji stosowane w fazie gazowej oraz inne substancje, których właściwości różnią się od właściwości przetworów naftowych.

Klasyfikacja obejmuje ochronę metali o powierzchni bez powłoki ochronnej a także z powłoką ochronną (powierzchnie metalowe lakierowane np.; karoserie pojazdów).

Pełny symbol klasyfikacyjny środków ochrony metali przed korozją składa się z czterech członów, oznaczających kolejno:

- symbol klasyfikacji (ISO),
- symbol klasy (L),
- kod literowy rodzaju środka czasowej ochrony metali przed korozją (R),
- klasę lepkości wg ISO 3448.

Pierwsza litera kodu rodzaju (R) wskazuje na grupę produktu, natomiast następne litery nie mają samodzielnego znaczenia. Klasa lepkościowa wg ISO 3448 w kodzie nie zawsze jest podawana.

Przykładowo dla oleju konserwacyjnego klasy lepkościowej 32, przeznaczonego do czasowej ochrony metali przed korozją w cięższych warunkach, kod wg ISO 6743-8 podano poniżej:

|      |    |   |    |
|------|----|---|----|
| ISO- | R- | D | 32 |
|------|----|---|----|

Symbol klasyfikacyjny może być podawany w sposób skrócony np. L-RD.

Wyciąg z klasyfikacji środków ochrony metali przed korozją wg ISO 6743-8:1987 podano w tabeli 16.3.

Określenia odnoszące się do warunków składowania chronionych metali, podane w tabeli 16.3 należy rozumieć następująco:

#### Lekkie warunki składowania (pracy)

(1) Przechowywanie przez okres krótszy niż 4 miesiące, części nie narażonych na:

- wilgoć powodowaną powtarzającą się kondensacją wody (magazyny lub pomieszczenia o zmiennej temperaturze)
- warunki szczególnie sprzyjające korozji (pary kwasów lub zasad, spaliny).

(2) Krótkotrwały transport części zamkniętych w suchym otoczeniu (np. w hermetycznych opakowaniach, szczelnych dla powietrza pojemnikach, zamkniętych pojazdach).

**Ciężkie warunki składowania (pracy):** wszystkie pozostałe warunki składowania (pracy) nie mieszczące się w określeniu lekkie warunki składowania (pracy).

Warunki środowiskowe ekspozycji (mikroklimat) wyrobów metalowych określone w PN-84/H-97080.06 są dokładniej sprecyzowane niż w ISO 6743-8:1987. Ponadto PN określa także dodatkowe czynniki korozyjne, które mogą występować w okresie magazynowania i transportu wyrobów. Postanowienia normy stosuje się przy

**Tabela 16.4** Warunki charakteryzujące mikroklimaty wg PN-84/H-97080.06

| Oznaczenie           | Podstawowe warunki mikroklimatyczne  |
|----------------------|--|
| <b>Mikroklimat 1</b> | Przestrzeń otwarta (składowisko) w warunkach bezpośredniego oddziaływania wszelkich czynników klimatycznych; charakterystyczna dla danego obszaru klimatycznego w określonej porze roku.   |
| <b>Mikroklimat 2</b> | Przestrzeń pod wiatą lub w zadaszonym pomieszczeniu otwartym (budowle magazynowe półotwarte), gdzie wahania temperatury i wilgotności powietrza różnią się w sposób nieistotny od wahań na powierzchni otwartej, a dostęp powietrza jest swobodny; ograniczona jest ilość opadów atmosferycznych, radiacji słonecznej i roszenia.  |
| <b>Mikroklimat 3</b> | Przestrzeń w zamkniętym pomieszczeniu (budowle magazynowe nie ogrzewane) wentylowanym w sposób naturalny bez sztucznego nawiewu i ogrzewania lub bez sztucznego regulowania temperatury i wilgotności powietrza; wahania dobowe temperatury i wilgotności powietrza oraz zapylenie są znacznie mniejsze wewnątrz pomieszczenia; pomieszczenie gdzie nie występuje działanie deszczu i słonecznej radiacji. |
| <b>Mikroklimat 4</b> | Przestrzeń w zamkniętym pomieszczeniu (budowle zamknięte magazynowe ogrzewane) ze sztuczną regulacją warunków klimatycznych, brak oddziaływania bezpośredniego, tj. słonecznej radiacji, opadów atmosferycznych, wiatru, piasku i pyłu oraz kurzu, bez występowania wahań wilgotności powodującej kondensację na wyrobach, brak lub istotne zmniejszenie oddziaływania rozproszonej radiacji.              |

dobrze środków konserwacyjnych opakowań i systemów ochrony czasowej, w zależności od czasu magazynowania lub transportu oraz wielkości kształtu i masy wyrobów. Z tych względów, większość praktyków ochrony czasowej częściej stosuje klasyfikację polską niż międzynarodową. Klasyfikację mikroklimatów wg PN-84/H97080.06 przytoczono w tabeli 16.4.

**Klasyfikacja wg MIL-C-16173.** Dla celów wojskowych oraz do niektórych zastosowań cywilnych jest stosowana amerykańska klasyfikacja wojskowa, wg MIL-C-16173, której podstawą jest zastosowanie środków do czasowej ochrony metali. Stabelaryzowane zasady tej klasyfikacji przytoczono w tabeli 16.5.

Amerykańskie wymagania wojskowe dla środków ochrony czasowej przed korozją wypierających wodę i tworzących ultracienkie warstwy ochronne, przeznaczonych dla elektroniki i lotnictwa sprecyzowano w normie MIL-C-81309.

Norma ta wyróżnia dwa typy środków:

- typ II – film miękki,
- typ III – film miękki (gatunek Avionic).

W każdym z podanych typów, w zależności od rodzaju pojemnika wyróżnia się:

Klasa 1 – pojemnik nieciśnieniowy (nakładane pędzlem, zanurzone lub rozpylane),

Klasa 2 – pojemnik ciśnieniowy (do rozpylania).

Dla klasy 2 dopuszcza się stosowanie dwóch gatunków propelantów (wyośników): CO<sub>2</sub> oraz HFC-134A.

## 16.5 Rozpuszczalniki

Specjalnego omówienia wymagają rozpuszczalniki i inne substancje stosowane do rozpuszczania koncentratów środków ochrony czasowej.

Środki ochrony przed korozją typu 2<sup>1</sup> zawierają składniki filmotwórcze, oparte na olejach, wazelinach lub woskopodobnych i składnikach o właściwościach inhibitujących.

Rozpuszczalnik, stosowany w tym zakresie, zezwala na rozsądne i należyte nanoszenie środka ochronnego.

<sup>1</sup> Patrz p. 16.3

**Tabela 16.5 Klasyfikacja środków do czasowej ochrony metali przed korozją, rozcieńczanych rozpuszczalnikami, wg MIL-C-16173**

| Gatunek | Charakterystyka filmu  | Zastosowania  |
|---------|--|---|
| 1       | Twardy   | a) Ochrona metali poddawanych długotrwałemu oddziaływaniu czynników atmosferycznych na zewnątrz.<br>b) Ochrona ogólna, wewnętrzna lub zewnętrzna, z powłoką lub bez, transport i inne przypadki gdzie jest wymagany suchy film.   |
| 2       | Miękki   | a) Długotrwała ochrona zewnętrznych lub wewnętrznych powierzchni maszyn, mechanizmów, łożysk lub materiałów, z użyciem dodatkowych materiałów lub bez.<br>b) Ochrona zewnętrzna w ograniczonym czasie w takich przypadkach, gdy temperatura chronionego metalu nie przekracza temperatury płynięcia filmu ochronnego.   |
| 3       | Miękki<br>– wypierający wodę                                   | a) W przypadkach, gdy zachodzi potrzeba usunięcia wody lub roztworu soli z powierzchni metalowych, mogących korodować, do ochrony metali lub powstrzymania korozji<br>b) Ochrona powierzchni metali lub urządzeń wewnętrznych maszyn lub innych zakrytych części, w ograniczonych okresach.<br>c) Ochrona powierzchni stali i stali fosforanowej w wy-dłużonym okresie, jeżeli części są zapakowane z zastosowaniem odpowiednich materiałów ochronnych.   |
| 4       | Miękki<br>– wypierający wodę, przezroczysty, nie lepki         | a) Ogólna ochrona metali wrażliwych na korozję przed korozją w pomieszczeniach oraz ograniczona ochrona na zewnątrz części opakowanych lub nie opakowanych oraz w takich przypadkach, gdzie przenoszenie, liczenie, układanie itp., wymaga stosowania powłok nie lepących się.<br>b) Ochrona w czasie magazynowania precyzyjnych części, obrabiarek, tłoków, zaworów oraz w takich przypadkach, gdy są wymagane powłoki przezroczyste, uzupełniająco do punktu a).<br>c) Ochrona maszyn i części przeznaczonych na eksport oraz w takich przypadkach, gdzie istnieje prawdopodobieństwo zanieczyszczenia solanką.<br>d) Ochrona w przypadkach, gdy nie jest wymagana mieszalność z olejem smarowym oraz gdzie jest ważne łatwe usuwanie przy użyciu rozpuszczalnika niskoaromatycznego. |
| 5       | Oleisty, możliwy do usunięcia parą wodną pod niskim ciśnieniem | a) Przeznaczony do stosowania w miejsce środka gatunku 3, wówczas gdy nie można usuwać go wrzącymi rozpuszczalnikami.   |

Zawartość rozpuszczalnika zależy od rodzaju środka ochrony czasowej oraz spodziewanego efektu filmotwórczego i wynosi od 30 do 95%. Po odparowaniu rozpuszczalnika na powierzchni zostaje równomierny film ochronny, który chroni powierzchnię metalu przed zewnętrznym oddziaływaniem czynników korozyjnych.

Tego typu środki ochrony czasowej z reguły wypierają wodę. Oznacza to, że przy zawilgoconych przedmiotach usuwają wodę z powierzchni metalu, dając efekt ochronny. Odnosi się to przykładowo do wody naniesionej przez deszcz lub podczas obróbki metali z użyciem emulsji chłodząco-smarującej. W pojedynczych przypadkach stosuje się czyste ciecz wypierającą wodę. Ciecze te składają się z rozpuszczalnika oraz dodatku odwadniającego. Wiele rodzajów takich środków znajduje liczne zastosowania np. w galwanizerniach oraz w przemyśle optycznym. Przy zastosowaniu tego typu środków ochrony czasowej jest możliwe uzyskanie powierzchni suchych i bez plam.

Bardzo ważnym czynnikiem przy doborze środka ochrony przed korozją, zawierającego rozpuszczalnik, jest rodzaj tego rozpuszczalnika i jego zaszeregowanie do odpowiedniej klasy, zgodnie z podporządkowaniem cieczy łatwopalnych.

W tym zakresie rozróżnia się 4 klasy rozpuszczalników:

- A I – o temperaturze zapłonu <21°C,
- A II – o temperaturze zapłonu w granicach 21°C...55°C,
- A III – o temperaturze zapłonu w granicach 55°C... 100°C,
- B – mieszające się z wodą, palne ciecz o temperaturze zapłonu <21°C.

Klasy A I oraz B nie są przydatne do ochrony przed korozją. Różnica pomiędzy klasą A II i A III polega nie tylko na temperaturze zapłonu, lecz również na różnym czasie wysychania. Rozpuszczalniki z wysoką temperaturą zapłonu mają z reguły dłuższe okresy wysychania. W większości przypadków wymaga się, aby temperatura końca destylacji stosowanego rozpuszczalnika nie przekraczała 210°C. Aktualnie istnieją trendy do stosowania odaromatyzowanych rozpuszczalników z wysoką temperaturą zapłonu. Stanowi to kompromis pomiędzy ekonomią, technologią produktu, bezpieczeństwem pracy i ochroną środowiska.

Jako zmywacze i rozcieńczalniki najczęściej są stosowane ciekłe, lotne związki organiczne na bazie węglowodorowej lub inne lotne związki organiczne.

Do grupy tej zalicza się:

- benzyny lakiernicze,
- benzyny ekstrakcyjne,
- niskoaromatyczne nafty,
- estry organiczne,
- etery,
- inne lotne rozpuszczalniki organiczne oraz odpowiednio dobrane mieszaniny tych substancji.

Rozpuszczalniki decydują o:

- rozpuszczalności składników środków ochrony,
- zapachu,
- odtłuszczającym działaniu na skórę,
- działaniu czyszczącym.

Współcześnie, najczęściej są stosowane rozpuszczalniki odaromatyzowane, zawierające zaledwie około 0,1% lub mniej związków aromatycznych. Podczas doboru rozpuszczalników należy uważać na właściwości: zwilżające, czyszczące i rozpuszczające, intensywność zapachu oraz odtłuszczające skórę. Warianty rozpuszczalników wolne od aromatów wykazują podobne właściwości, lecz są wyraźnie droższe od środków zawierających rozpuszczalniki odaromatyzowane. Bardziej dokładne przedstawienie rozpuszczalników zawarto w p. 20.

## 16.6 Metody kontroli jakości

### 16.6.1 Metody standardowe

Jakość środków do czasowej ochrony metali przed korozją jest oceniana na podstawie znormalizowanych metod, stosowanych w systemach kontroli jakości innych cieczy eksploatacyjnych. Najczęściej stosowane metody badań podano poniżej:

- barwa,
- gęstość,
- lepkość kinematyczna,
- wskaźnik lepkości,
- temperatura zapłonu w tyglu otwartym,
- liczba kwasowa,
- skłonność do pienienia.



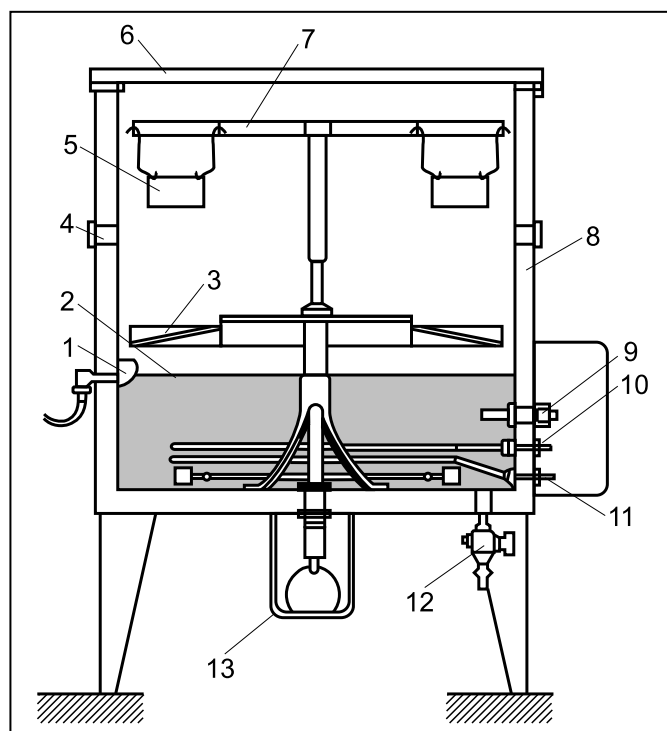
### 16.6.2 Metody specyficzne

Do kwalifikowania wyrobu do zastosowań specjalnych oraz w systemie kontroli jakości są stosowane metody specyficzne, modelujące rzeczywiste warunki pracy środków do czasowej ochrony metali przed korozją. Charakterystykę wybranych testów stosowanych podczas oceny jakości środków do czasowej ochrony metali przedstawiono poniżej.

**Testy działania korodującego na metale** są wykonywane wieloma metodami i z zastosowaniem różnych metali i stopów, w zależności od przeznaczenia środka ochrony czasowej. Za najstarszy jest uznawany test wg MIL-L-63460, polegający na jednoczesnym kontaktowaniu metalowych płytek testowych, wykonanych z następujących metali: cynku, aluminium, mosiądzu, stali, miedzi, magnezu i kadmu. Dokładnie wyczyszczone i zważone płytki są zanurzone w badanym środku ochrony czasowej, tak by się nie stykały, następnie są termostatowane w temperaturze 54,4°C, w okresie 7 dni. Po tym czasie płytki są myte i ponownie ważone. Obliczany jest przyrost lub ubytek masy każdej płytki, wyrażony w miligramach na centymetr kwadratowy. Dla każdego metalu jest ustalona dopuszczalna wartość ubytku lub przyrostu masy. Ponadto wymaga się, aby na powierzchniach płytek nie powstały widoczne objawy pittingu, wżery oraz ciemne odbarwienia.

**Test komory klimatycznej (wilgotnościowej)** polega na umieszczeniu płytek testowych z naniesionym środkiem ochrony czasowej w specjalnej komorze klimatycznej (schemat której przedstawiono na rys. 16.5), na określony czas (najczęściej 900 h). Jako wynik bierze się pod uwagę liczbę plamek korozyjnych, większych od 1 milimetra, których liczba na trzech płytkach, wykonanych z jednakowego metalu, pokrytych badanym środkiem do czasowej ochrony metali, nie powinna przekraczać trzech.

**Test korozji w mgie solnej** jest wykonywany w specjalnej komorze korozyjnej, schemat której przedstawiono na rys. 16.5. Składa się ona z komory testowej 1, w której przy użyciu dyszy rozpylającej 2 jest wytwarzany obłok mgły z 5% roztworu chlorku sodu w wodzie, wody lub innych soli. W komorze są umieszczane



Rys. 16.5 Schemat komory wilgotnościowej  
1 – przelew, 2 – poziom wody, 3 – płyta zapobiegająca skapywaniu oleju do wody oraz kondensacji wilgoci, 4 – gniazdo termometru, 5 – płytka testowa, 6 – płótno, 7 – obrotowy stelaż, 8 – obudowa komory, 9 – czujnik termostatu, 10 – grzałka, 11 – grzałka pomocnicza, 12 – odpływ, 13 – silnik

próbki metalu pokryte ocenianym środkiem ochrony czasowej. Badanie jest prowadzone w temperaturze 35°C lub 50°C, w czasie ustalonym wymaganiami na wyrób. Oceniany jest stan skorodowania płytek testowych (lub gotowego wyrobu) pokrytych badanym środkiem ochrony czasowej.

**Właściwości przeciwnokorozyjne** są oznaczane w przypadku środków do czasowej ochrony metali, zawierających w swoim składzie wodę lub jednocześnie przeznaczonych do obróbki metali skrawaniem. Do oceny są stosowane dwie znormalizowane metody: Herberta i Ford-Test, patrz p. 12.

**Właściwości przeciwwżyciowe** są oceniane testem FALEX. Metoda ta jest stosowana w przypadku, gdy środek ochrony czasowej jest następnie stosowany jako środek smarowy, bez rozkonserwowywania.

**Właściwości smarne na maszynie czterokulowej** są oceniane w przypadku, gdy środek ochrony czasowej następnie jest stosowany jako środek smarowy, bez rozkonserwowywania (np. podczas czasowej konserwacji broni).

**Czas odparowania rozpuszczalnika** jest stosowany w przypadku środków ochrony czasowej zawierających lotny rozpuszczalnik. Metoda nie jest znormalizowana.

**Grubość warstwy ochronnej** ( $D$  – w mikrometrach) utworzonej przez środek ochrony czasowej jest oceniana poprzez naniesienie środka na powierzchnię zważonych płytek testowych, zgodnie z przewidzianą procedurą, a następnie zważeniu płytki z naniesionym środkiem i obliczeniu grubości nałożonego filmu, zgodnie z wzorem (16.4):

$$D = \frac{10\,000 (M_2 - M_1)}{\rho A} \quad (16.4)$$

gdzie:

$M_2$  – masa płytki testowej z naniesionym środkiem ochrony czasowej [g],

$M_1$  – masa czystej płytki testowej [g],

$\rho$  – gęstość środka ochrony czasowej [g/cm<sup>3</sup>],

$A$  – całkowita powierzchnia płytki testowej [cm<sup>2</sup>].

**Wydajność pokrycia** jest oceniana poprzez naniesienie na zważoną płytkę testową środka ochrony czasowej, zgodnie z przewidzianą procedurą, zważeniu płytki po naniesieniu środka, obliczeniu masy naniesionego środka przypadającego na 1 cm<sup>2</sup> i obliczeniu powierzchni (m<sup>2</sup>) jaką można nim pokryć przy użyciu 1 kilograma.

**Odporność na magazynowanie** ocenia się przechowując oceniany środek ochrony czasowej w określonym czasie (np. 9 miesięcy), w trzech okresach trzymiesięcznych, odpowiednio w temperaturach: 38°C, 25°C, 5 0C. Po zakończeniu okresu magazynowania produkt jest ujednorodniany (np. przez toczenie pojemnika). Po tych zabiegach produkt powinien być jednorodny i spełniać wymagania wg określonych testów kwalifikacyjnych.

**Toksyczność** ocenia się na podstawie toksyczności poszczególnych składników środka do czasowej ochrony metali, a niekiedy metodami specyficznymi. Niektórzy użytkownicy żądają od producentów szczegółowego wykazu składników, z jednoczesnym zagwarantowaniem poufności przekazanej informacji lub wyników badań toksykologicznych.

**Zawartość azotynów** jest kontrolowana w przypadku środków do czasowej ochrony metali, zawierających w swoim składzie wodę lub jednocześnie przeznaczonych do obróbki metali skrawaniem. Azotyny są skutecznymi, ale niepożądanymi inhibitorami korozji,

gdyż wchodząc w reakcję z II i III rzędowymi aminami tworzą nitrozoaminy, które są silnie rakotwórcze.

**pH emulsji** jest oznaczane w przypadku środków do czasowej ochrony metali, zawierających w swoim składzie wodę lub jednocześnie przeznaczonych do obróbki metali skrawaniem. Pomiar najczęściej jest wykonywany kolorymetrycznie, z użyciem papierków wskaźnikowych.

**Test usuwania wody i odporności na wodę** jest stosowany w przypadku rozcieńczanych rozpuszczalnikami środków ochrony czasowej wypierających wodę. Zasada metody polega na zanurzeniu wyczyszczonej i odpowiednio wymytej metalowej płytki testowej, wykonanej z wysokowęglowej stali martenowskiej (podatnej na rdzewienie) w wodzie destylowanej i po obcieknięciu wody, zanurzeniu następnie w rozcieńczonym rozpuszczalnikiem środkiem ochrony czasowej zawierającym zemulgowaną wodę (5%). Płytke umieszcza się następnie w eksykatorze zawierającym wodę, w temperaturze 25°C. Po 1 godzinie jest dokonywana ocena stanu zarzewienia płytki. Nie dopuszcza się jakichkolwiek oznak rdzewienia lub plam na płycie testowej.

**Testy broni** są wykonywane w przypadku przeznaczenia środka ochrony czasowej do długotrwałej lub krótkotrwałej konserwacji broni i elementów uzbrojenia wykonanych z metali. Obejmują one wiele specyficznych badań i związanych z nimi wymagań, m. in. testy sprawności i szybkostrzelności broni po zanurzeniu w wodzie morskiej, oddziaływaniu na amunicję (w magazynkach) itp.

**Testy polowe** (w naturalnych warunkach atmosferycznych) polegają na poddawaniu próbek metali, pokrytych środkiem do czasowej ochrony metali przed korozją, działaniu czynników atmosferycznych lub rzeczywistych warunków eksploatacji. Testy tego typu najczęściej są stosowane w odniesieniu do metali z pokryciami lakierniczymi, broni, itp. Według tej metody prowadzi się długotrwałe badania korozji atmosferycznej próbek metali pokrytych lub nie pokrytych różnymi powłokami ochronnymi, w tym środkami ochrony czasowej metali, w następujących celach:

- uzyskania danych o zachowaniu się metali lub powłok ochronnych w naturalnych środowiskach atmosferycznych,
- określenia odpowiedniego metalu lub powłoki przeznaczonej do określonych warunków atmosferycznych,
- oznaczania odporności na korozję metali lub skuteczności powłok ochronnych w określonym rodzaju atmosfery,
- porównania odporności korozyjnej różnych metali lub powłok ochronnych w określonych warunkach atmosferycznych,
- ustalenia zależności między wynikami badań laboratoryjnych a wynikami uzyskiwanymi w warunkach atmosferycznych,
- ustalenia mechanizmów korozji w odniesieniu do poszczególnych metali, stopów lub powłok ochronnych,
- określenia optymalnej grubości stosowanej powłoki ochronnej oraz jej rodzaju,
- ustalenia czasu ochrony przy zastosowaniu wytypowanych powłok ochronnych.

W zależności od celu badań rozróżnia się następujące rodzaje ekspozycji badanych próbek:

- na otwartej przestrzeni,
- pod wiatr,
- w pomieszczeniach.

W warunkach magazynowania występują określone zagrożenia korozyjne uwarunkowane wilgotnością powietrza, temperaturą lub innymi specyficznymi czynnikami. W niektórych przypadkach niezbędne są badania potwierdzające przydatność dostępnych warunków magazynowania dla określonych metali lub zastosowanych środków ochrony czasowej i sposobu konserwacji. Zasada prowadzenia badań polega na poddaniu próbek badanych metali lub powłok ochronnych działaniu czynników

korozyjnych występujących w warunkach magazynowania i okresowych obserwacjach.

## 16.7 Wymagania

Od środków do ochrony czasowej przed korozją wymaga się następujących właściwości eksploatacyjnych:

- skutecznej ochrony przed korozją, w ustalonym okresie,
- zdolności wypierania wody z powierzchni metalu,
- określonych właściwości reologicznych (odpowiednia lepkość i temperatura płynięcia),
- dużej możliwości kryjących,
- dobrej zwilżalności i przyczepności do chronionych powierzchni,
- braku wrażliwości na zmienne warunki środowiska,
- braku reakcji chemicznych w kontakcie z powietrzem i wodą,
- możliwości kontrolowania równomierności warstwy ochronnej,
- łatwości nanoszenia na powierzchnię metalu,
- łatwości usuwania warstwy ochronnej,
- odporności na utlenianie i stabilności chemicznej,
- braku szkodliwego działania na organizm człowieka,
- odporności na rozwój mikroorganizmów (szczególnie w przypadku środków stosowanych w warunkach tropikalnych),
- dobrych właściwości przeciwdrobnoustrojowych ( w przypadku środków konserwacyjno-eksploatacyjnych),
- odpowiednio wysokiej temperatury zapłonu (w przypadku środków zawierających rozpuszczalniki).

Od środków ochrony czasowej wymaga się dobrej zwilżalności powierzchni przeznaczonych do ochrony, a w przypadku środków rozpuszczalnikowych, po odparowaniu rozpuszczalnika pokrycie powinno być ciągłe, nie wykazywać pęknięć.

Szczegółowe wymagania na środki ochrony czasowej metali są najczęściej precyzowane normami producentów. Jedynie wielcy użytkownicy jak wojsko, kolej oraz wielcy producenci metali stosują swoje własne wymagania, często bardzo szczegółowe.

## 16.8 Dobór do zastosowań

Dobór środków ochrony czasowej do poszczególnych zastosowań powinien uwzględniać:

- warunki środowiskowe w procesie produkcyjnym,
- warunki klimatyczne.
- cechy konstrukcyjne i rodzaj chronionych materiałów,
- wymagane okresy ochrony.

W większości przypadków uwzględnienie tych czynników jest złożonym problemem technicznym rozwiązywanym na podstawie badań lub doświadczenia ekspertów. Przy doborze środka ochrony czasowej są stosowane klasyfikacje omówione w p. 16.4, a w Polsce często jeszcze jest stosowany system wg nieaktualnej normy PN-69/H-04609, polegający na określeniu agresywności korozyjnej środowiska. Według tej normy wyróżnia się następujące środowiska:

- przestrzeń otwarta,
- otwarte pomieszczenie zadaszone,
- pomieszczenie zamknięte,
- pomieszczenie klimatyzowane.

Norma PN-71/H-04651 wyróżnia pięć stopni agresywności środowiska:

- o bardzo łagodnym działaniu korozyjnym, odpowiadające najłżejszym warunkom użytkowania,
- o lekkim działaniu korozyjnym, odpowiadające lekkim warunkom użytkowania,
- o umiarkowanym działaniu korozyjnym, odpowiadające średnim warunkom użytkowania,
- o silnym działaniu korozyjnym, odpowiadające ciężkim warunkom użytkowania,

- o bardzo silnym działaniu korozyjnym, odpowiadające wyjątkowo ciężkim warunkom użytkowania,

Na podstawie stopnia agresywności korozyjnej lub tzw. kryptoklimatu określa się stopień agresywności korozyjnej środowiska w odniesieniu do wyrobów pokrytych środkami ochrony czasowej. Przy czym pojęcie kryptoklimatu, precyzyjnie warunki magazynowania jest ściśle określone w odpowiednich normach.

Na podstawie ustalonego stopnia agresywności korozyjnej oraz rodzaju metalu są dobierane odpowiednie środki ochrony czasowej. Dobór środka ochrony czasowej powinien wykonywać specjalista z tego zakresu, uwzględniając stopień agresywności korozyjnej środowiska i rodzaj chronionego metalu oraz planowany okres przechowywania.

