



Program Uczenie się przez całe życie

Projekt SKILLS



KOROZJA



Program
Uczenie się
przez całe życie

CELE KSZTAŁCENIA MODUŁU

- **Poznanie mechanizmu korozji i jego czynników**
- **Poznanie istniejących sposobów ochrony**
- **Jak dostosować ochronę i projektować specyficzne części w warunkach użytkowania konstrukcji**

SPIS TREŚCI

- **Wstęp**
- **Mechanizm korozji**
- **Czynniki wywołujące korozję**
- **Rodzaje korozji**
- **Zabezpieczenia antykorozyjne**
- **Podsumowanie**

WPROWADZENIE



Program
Uczenie się
przez całe życie

WPROWADZENIE

Zjawisko korozji => poważne konsekwencje, kiedy nieopanowane

W rzeczywistości może mieć wpływ:

- ✓ **na bezpieczeństwo** (niestabilność konstrukcji, zerwanie połączeń, otwór w rurociągu gazowym)
- ✓ **na gospodarkę** (otwór w rurociągu naftowym)
- ✓ **na środowisko** (rozproszenie wycieków)

Dotyczy **wszystkich sektorów działalności** (elektrownie jądrowe, przemysł petrochemiczny...)

Najważniejsze to zrozumieć mechanizm korozji, żeby zalecić i zastosować odpowiednie metody w celu uniknięcia jej rozwoju.

MECHANIZM KOROZJI



Program
Uczenie się
przez całe życie

MECHANIZM KOROZJI

➤ Definicje

Korozja: Interakcja fizyko-chemiczna między metalem i otaczającym go środowiskiem, powodująca zmiany własności metalu i często degradację funkcjonalną samego metalu, jego otoczenia lub systemu technicznego tworzonego przez dwa czynniki.

Elektrolit: ośrodek **przewodzący prąd elektryczny** (woda, ziemia...)

Czynnik korozyjny/utleniacz : Pierwiastek, który w kontakcie z danym metalem, reaguje z nim i **bierze udział w jego korozji**. Może znajdować się w elektrolicie (np. tlen znajduje się w wodzie/woda zawiera tlen).

MECHANIZM KOROZJI

Z każdą parą utleniacz/reduktor (Ox/Red) jest związany potencjał (= energia)

*Utleniacz: przyjmuje elektrony



*Reduktor: oddaje elektrony

W przypadku metali:



przykład:

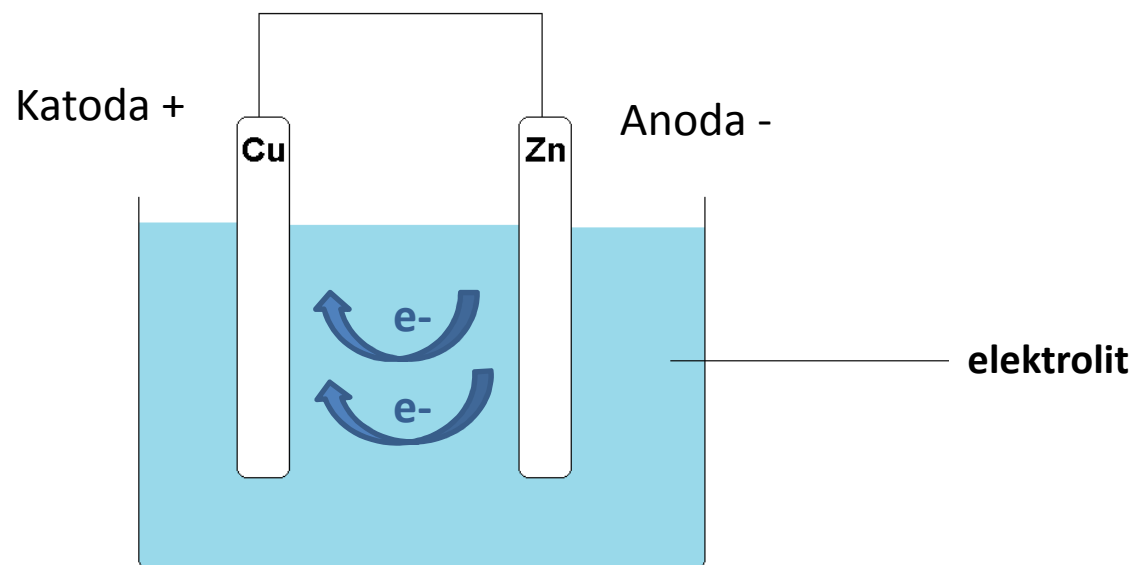


Korozja



**Zjawisko odpowiadające
ogniwu elektrochemicznemu**

MECHANIZM KOROZJI



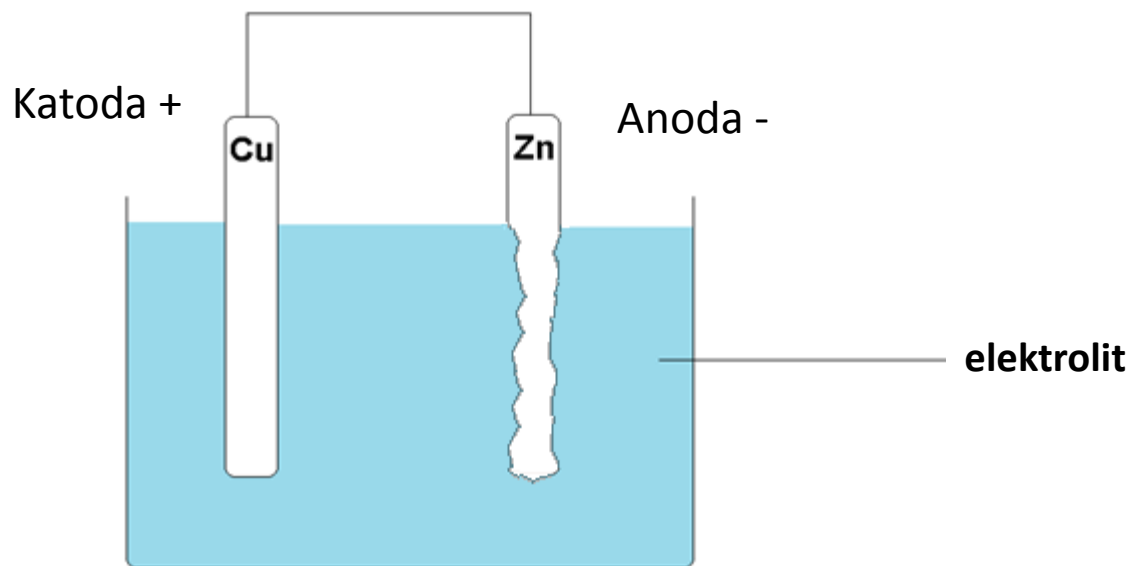
+ katodowy
+ szlachetne

Złoto
Platyna
Srebro
Miedź
Wodór
Ołów
Cyna
Kobalt
Żelazo
Chrom
Cynk
Glin



+ anodowy
- szlachetne

MECHANIZM KOROZJI



+ katodowy
+ szlachetne

Złoto
Platyna
Srebro
Miedź
Wodór
Ołów
Cyna
Kobalt
Żelazo
Chrom
Cynk
Glin



+ anodowy
- szlachetne

MECHANIZM KOROZJI

Korozja jest nieodwracalną reakcją utlenienia-redukcji między utleniaczem i metalem obecnym w elektrolicie

MECHANIZM KOROZJI

➤ Mechanizm

Korozja
metalů

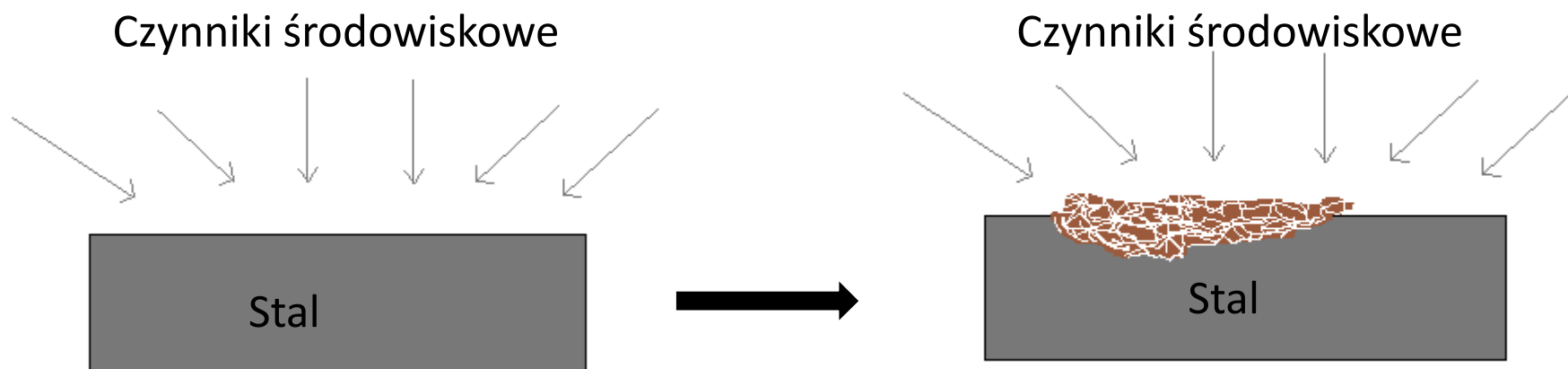
- utlenianie metalu,
- tworzenie **stałych** produktów korozji,
- zróżnicowane w zależności od **środowiska**,
- niszczące* lub przeciwnie korzystne*

Wyjątki:

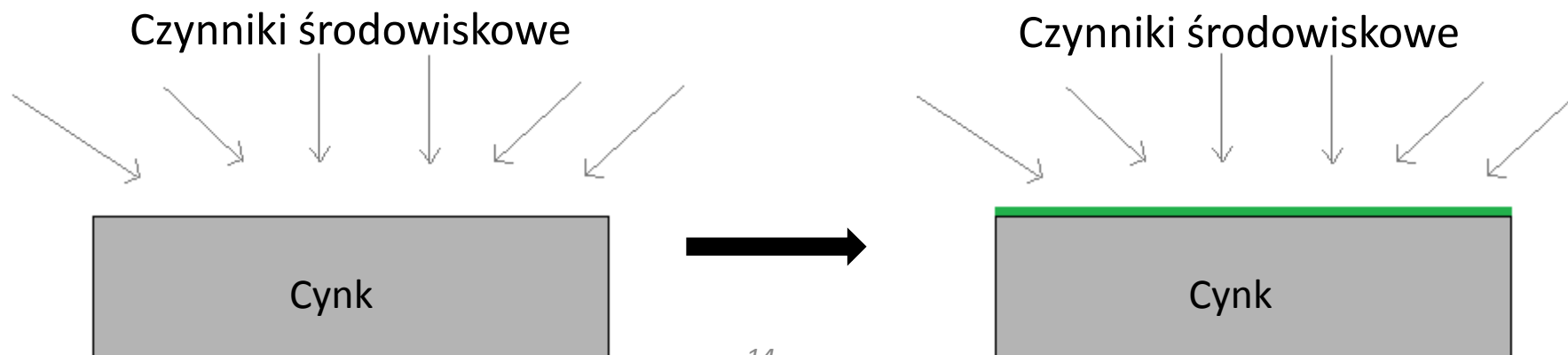
złoto i inne metale szlachetne => nie utleniają się

MECHANIZM KOROZJI

Niszczące => produkty korozji nie przylegają

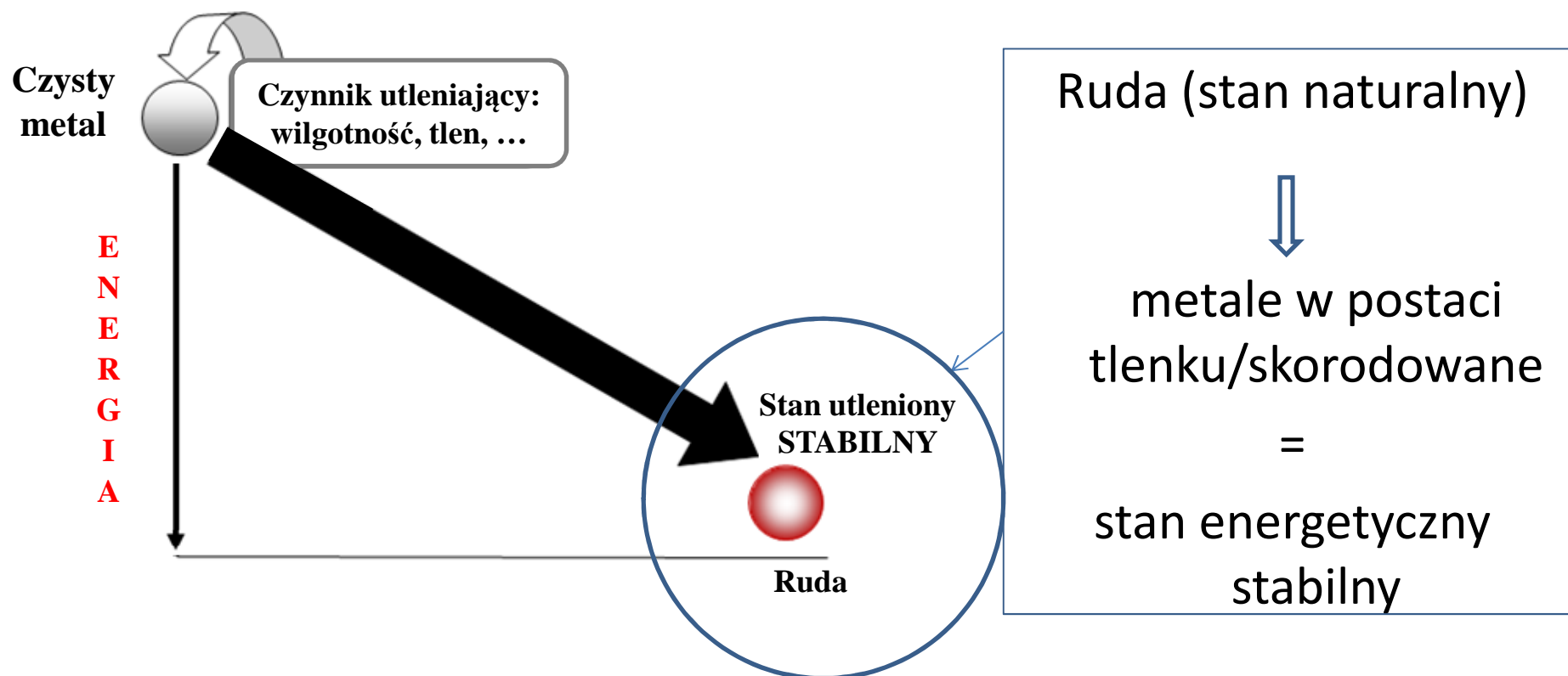


Korzystne => produkty korozji przylegają tworząc powłokę ochronną (metale zwane **pasywnymi**)



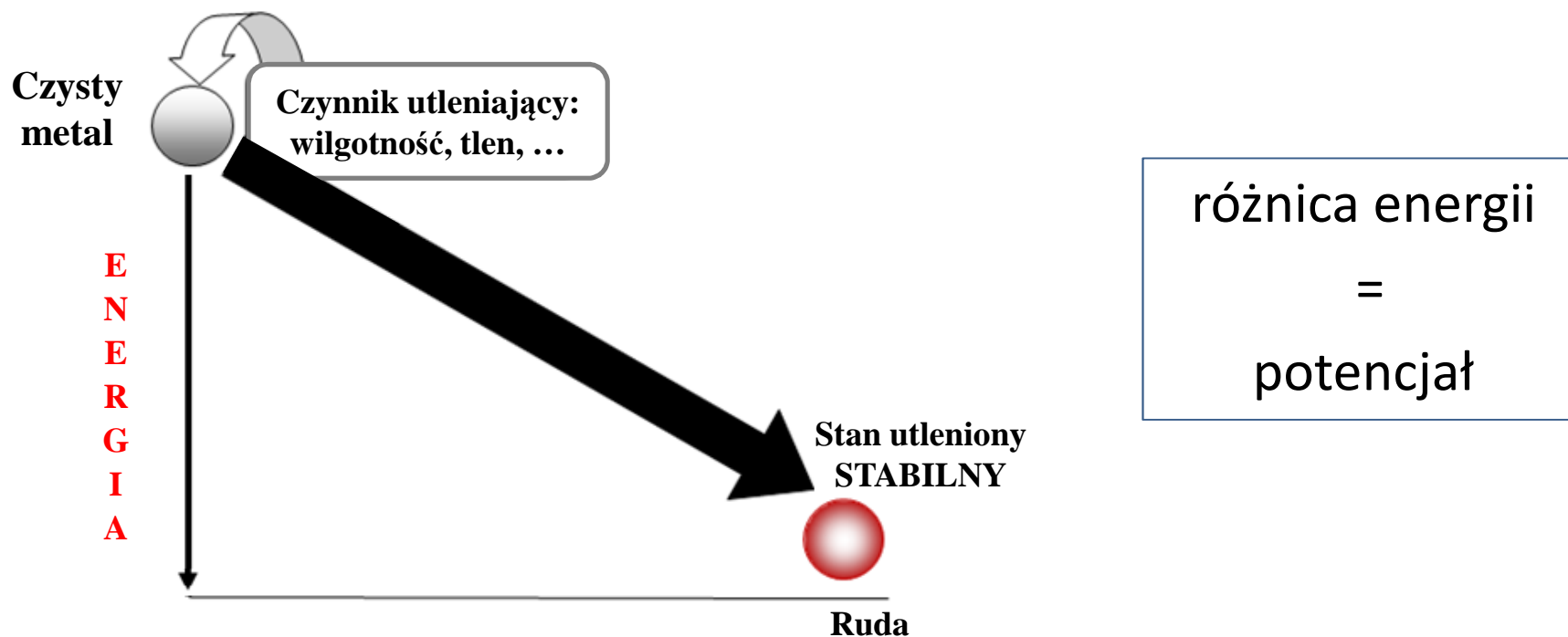
MECHANIZM KOROZJI

Szlachetność metali \longrightarrow Szereg napięciowy (energia związana z pierwiastkiem chemicznym)



MECHANIZM KOROZJI

Przejście od czystego metalu do rudy \longrightarrow Znaczna energia +/-, aby osiągnąć stan stabilny



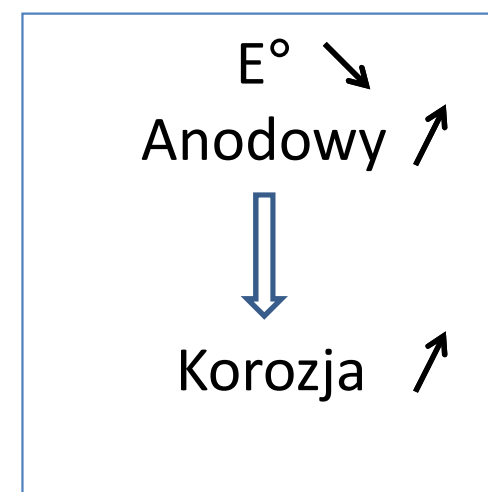
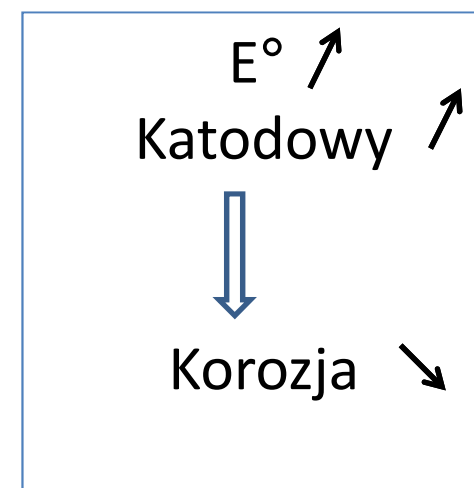
+ duża energia
=
+ korozja metalu

MECHANIZM KOROZJI

Istnienie szeregu napięciowego / szeregu galwanicznego

Potencjał
« standardowy »
przy 25°C
w powietrzu,
w porównaniu
z wodorem
(odniesienie dla
tego szeregu
wartości)

+ katodowy + szlachetne	
Złoto	+1,42 V
Platyna	+1,2 V
Srebro	+0,8 V
Miedź	+0,52 V
Wodór	0,00 V
Ołów	-0,13 V
Cyna	-0,13 V
Kobalt	-0,28 V
Żelazo	-0,44 V
Chrom	-0,74 V
Cynk	-0,76 V
Glin	-1,67 V
+ anodowy - szlachetne	



MECHANIZM KOROZJI

			Metal α																				
Tablica odpowiada pomiarom wykonanym w elektrolicie z 2% wody morskiej	Symbol AFNOR	NAZWA	Platyna	Złoto	Stal inox 18/8	Srebro	Nikiel	Miedź	Mosiądz	Brąz	Cyna	Ołów	Stop glinu z miedzią	Stal miękka	Alu 99,5%	Stal twarda	Stop glinu z magnezem	Kadm	Żelazo	Chrom	Stop cynku	Magnez	
Wartości wyrażone w miliwoltach (mV)																							
Metal β	1	Pt	Platyna	0	130	250	350	430	570	650	770	800	840	940	1000	1090	1095	1100	1100	1105	1200	1400	1900
	2	Au	Złoto	130	0	110	220	300	440	520	640	670	710	810	870	960	965	970	970	975	1070	1270	1820
	3	Z6 CN 18-09	Stal inox 18/8	250	110	0	100	180	320	400	520	550	590	690	750	840	845	850	850	855	950	1150	1700
	4	Ag	Srebro	350	220	100	0	80	220	300	420	450	490	590	650	740	745	750	750	755	850	1050	1600
	5	Ni	Nikiel	430	300	180	80	0	140	220	340	370	410	510	570	660	665	670	670	675	770	970	1520
	6	Cu-Ni 26 Zn 17	Arcap	450	320	200	100	20	120	200	320	350	380	490	550	640	645	650	650	655	750	950	1500
	7	Cu	Miedź	570	440	320	220	140	0	80	200	230	270	370	430	520	525	530	530	535	630	830	1380
	8	Cu-Al10	Brąz aluminiowy	600	470	350	250	170	30	50	170	200	240	340	400	490	495	500	500	505	600	800	1350
	9	Cu-Zn40	Mosiądz	650	520	400	300	220	80	0	120	150	190	290	350	440	445	450	450	455	550	750	1300
	10	Cu-Sn12	Brąz	770	640	520	420	340	200	120	0	3	70	170	230	320	325	330	330	335	430	630	1180
	11	Sn	Cyna	800	670	550	450	370	230	150	30	0	40	140	200	290	295	300	300	305	400	600	1150
	12	Pb	Ołów	840	710	590	490	410	270	190	70	40	0	100	160	250	255	260	260	265	360	560	1110
	13	2017	Stop glinu z miedzią	940	810	690	590	510	370	290	170	140	100	0	60	150	155	160	160	165	200	530	1010
	14	XC	Stal miękka	1000	870	750	650	570	430	350	230	200	160	60	0	90	95	100	100	105	200	400	950
	15	A-S7G	Stop glinu z krzemem	1065	935	815	715	635	495	415	295	225	205	125	65	25	30	35	35	40	135	330	885
	16	1050	Alu 99,5%	1090	960	840	740	660	520	440	320	255	250	150	90	0	5	10	10	15	110	310	860
	17	XC	Stal twarda	1100	965	845	745	665	525	445	325	290	255	155	95	5	0	5	5	10	105	305	855
	18	5754:5083	Stop glinu z magneze	1100	970	850	750	670	530	450	330	300	260	160	100	10	5	2	2	5	100	300	850
	19	Cd	Kadm	1100	970	850	750	670	530	450	330	300	260	160	100	10	5	2	2	5	100	300	850
	20	Fe	Żelazo	1105	975	855	755	675	535	455	335	305	265	165	105	15	10	5	5	0	95	295	845
	21	Cr	Chrom	1200	1070	950	850	770	630	550	430	400	360	200	200	110	105	100	100	95	0	200	750
	22	ZA-5:ZA-3	Stop cynku	1400	1270	1150	1050	970	830	750	630	600	560	530	400	310	305	300	300	295	200	0	550
	23	Mg	Magnez	1900	1820	1700	1600	1520	1380	1300	1180	1150	1110	1010	950	860	855	850	850	845	750	550	0

■ Metal α koroduje

■ Żaden metal nie koroduje

■ Metal β koroduje

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ



Program
Uczenie się
przez całe życie

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

Trzy główne czynniki:

- Właściwości metalu
- Środowisko
- Rozwiązania konstrukcyjne

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

➤ Właściwości metalu

✓ Potencjał



Korozja związana ze szlachetnością metalu

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

➤ Właściwości metalu

✓ Potencjał

Połączenie
2 różnych metali



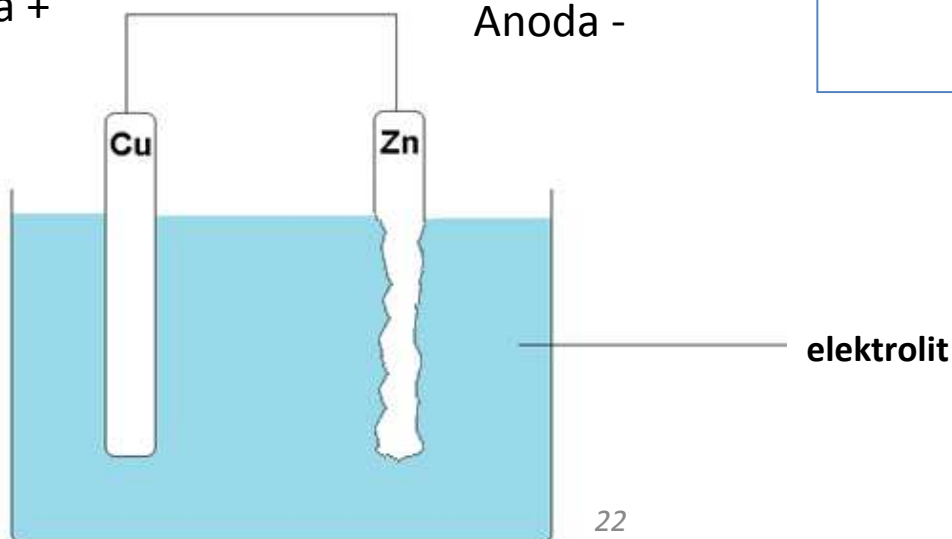
Ważna różnica
potencjałów



Korozja metalu mniej
szlachetnego

Kathoda +

Anoda -



CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

➤ Właściwości metalu

✓ Potencjał

Stopy



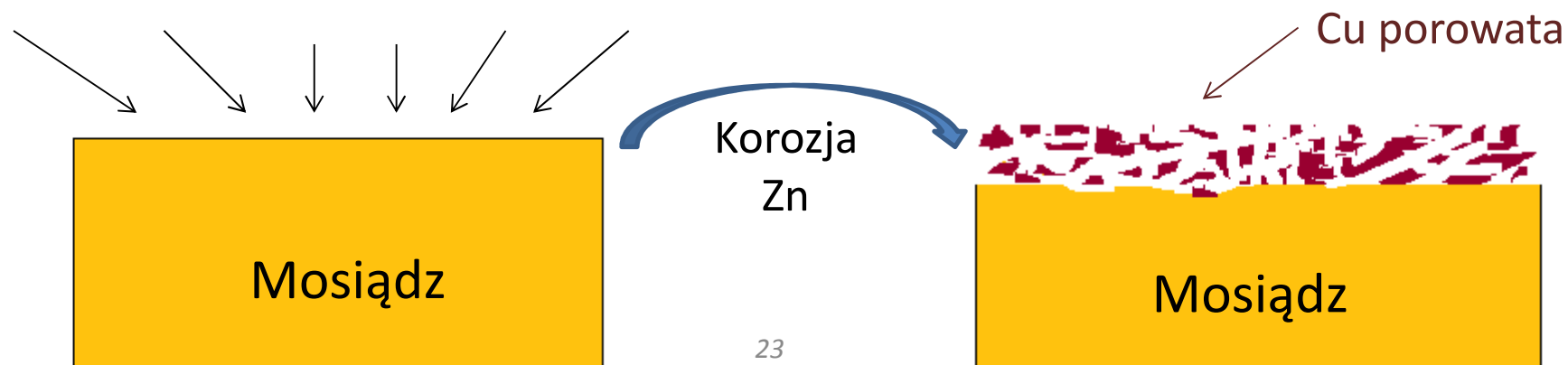
Korozja pierwiastka
mniej szlachetnego



Otrzymanie drugiego
pierwiastka o
strukturze porowatej

Konieczna różnica potencjałów dwóch materiałów

Przykład mosiądzu (Cu-Zn):



CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

➤ Właściwości metalu

✓ Struktura

Przygotowanie powierzchni



Może generować
obszary katodowe
i anodowe

Przykład: trawienie chemiczne

Jeżeli czas między
trawieniem i obróbką
powierzchni znaczny



Tworzenie tlenków na
powierzchni metalu,
a więc produktów korozji

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

➤ Właściwości metalu

✓ Struktura

Metalurgia lub obróbka cieplna (w tym spawanie) →

Zbyt szybkie chłodzenie metalu

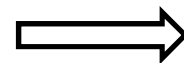


Tworzenie zanieczyszczeń lub zmienna struktura metalurgiczna między środkiem metalu i jego powierzchnią

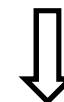
Przykład stali

nierdzewnych austenicznych

Tworzenie węglków chromu (zanieczyszczenia) podczas obróbki termicznej



Niejednorodność metalu



Pojawienie się kruchości w chromie

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

➤ Właściwości metalu

✓ Szczególne przypadki połączenia stali:

Stal czarna (niskostopowa) – stal ocynkowana

Stal ocynkowana

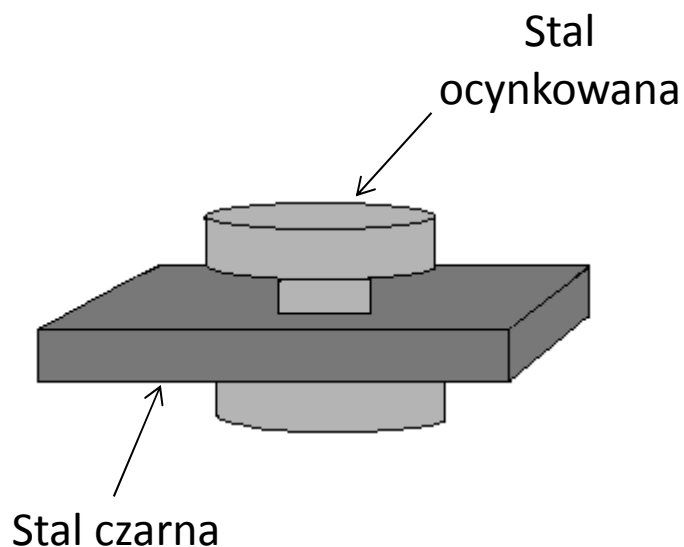
Stal czarna



Cynk



Żelazo



Połączenie tych
dwóch typów stali
nie wywołuje korozji

+ katodowy
+ szlachetne

Złoto
Platyna
Srebro
Miedź
Wodór
Ołów
Cyna
Kobalt
Żelazo
Chrom
Cynk
Glin



+ anodowy
- szlachetne

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

➤ Właściwości metalu

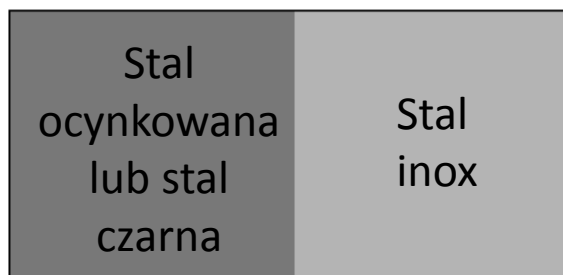
✓ Szczególne przypadki połączenia stali:

Stal nierdzewna w kontakcie
ze stalą czarną lub ocynkowaną



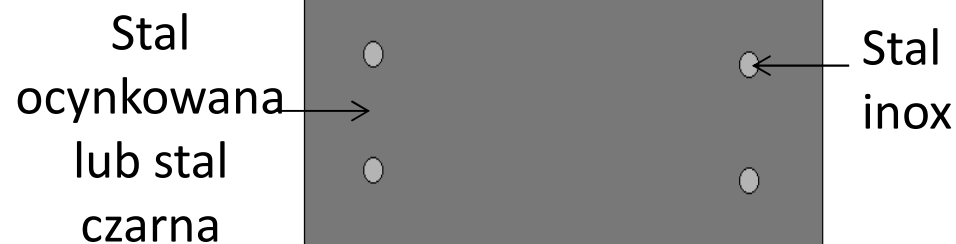
Zależy od stosunku
powierzchni

Stal nierdzewna \geq stal
ocynkowana lub stal czarna



**Korozja stali ocynkowanej
lub stali czarnej**

Stal nierdzewna $<$ stal
ocynkowana lub stal czarna



Nie ma korozji

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

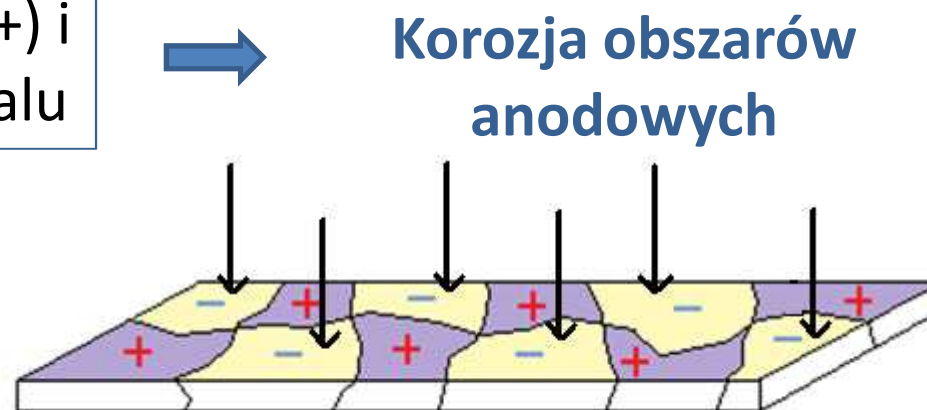
➤ Środowisko

- ✓ Obecność **związków redukujących** (chlorki, siarczany...);
- ✓ Obecność **zanieczyszczeń** (tereny przemysłowe, obszary morskie...);
- ✓ **Temperatura**;
- ✓ Obecność **wilgoci**;
- ✓ Zmiana stężenia **O₂**.

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

➤ Środowisko

Tworzenie obszarów katodowych (+) i anodowych(-) na powierzchni metalu



Nagromadzenie kilku czynników związanych z otoczeniem
↗ szybkość korozji

Przykład obszary pływów

Słona woda

Klimat i zmiany temperatury

Zmiany stężenia O_2

Zanieczyszczenia (w zależności od regionu)



Korozja
bardzo
szybka

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

➤ Środowisko

PN-EN ISO 9223	→	Kategorie korozyjności atmosfery Szybkość korozji różnych metali w zależności od środowiska
PN-EN ISO 9224		
PN-EN ISO 12944-2	→	

PN-EN ISO 9223
PN-EN ISO 9224



Informacje ogólne i
szczegółowe odnośnie
korozyjności metali

PN-EN ISO 12944-2



Informacje szczegółowe
odnośnie malowania

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

Kategoria korozyjności		Ubytek grubości w μm		Przykład środowiska	
		Stal	Cynk	Na zewnątrz	Wewnątrz
C1 bardzo mała		$\leq 1,3$	$\leq 0,1$	-	Biura, szkoły, hotele
C2 mała		$1,3 > x \geq 25$	$0,1 > x \geq 0,7$	Obszary wiejskie, małe zanieczyszczenie	Magazyny, sale sportowe
C3 średnia		$25 > x \geq 50$	$0,7 > x \geq 2,1$	Obszary przybrzeżne o małym zasoleniu	Zakłady spożywcze, zwiększona wilgotność, ale małe zanieczyszczenie
C4 duża		$50 > x \geq 80$	$2,1 > x \geq 4,2$	Obszary przybrzeżne o średnim zasoleniu	Zakłady chemiczne, pływalnie
C5 bardzo duża	C5-I (przemysłowa)	$80 > x \geq 200$	$4,2 > x \geq 8,4$	Obszary przemysłowe, agresywna atmosfera, duża wilgotność	Ciągła kondensacja wilgoci i duże zanieczyszczenie
	C5-M (morska)	$80 > x \geq 200$	$4,2 > x \geq 8,4$	Obszary przybrzeżne i morskie o dużym zasoleniu.	Ciągła kondensacja wilgoci i duże zanieczyszczenie

Wyciąg z PN EN ISO 12944-2

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

➤ Rozwiązania konstrukcyjne

Geometria
materiału



Wpływ na zjawisko korozji



Zatrzymywanie wody i soli

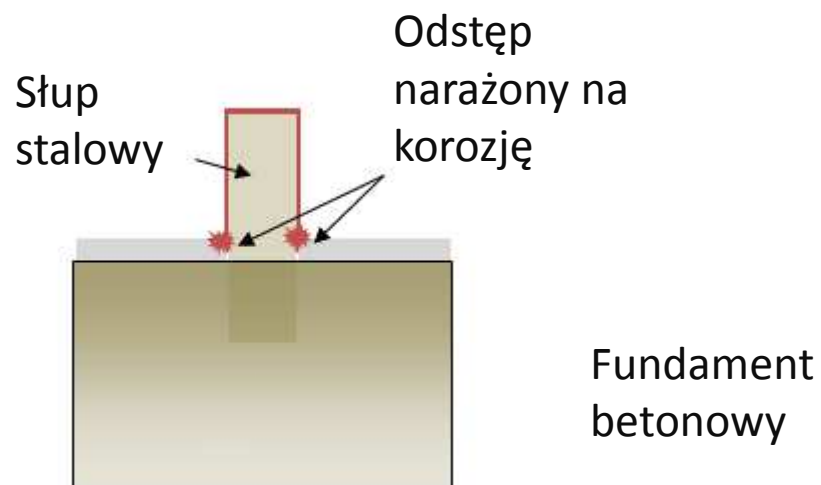
Zmiany stężenia O_2
(obszary zamknięte/ograniczone)

Zmiany grubości powłoki na krawędziach

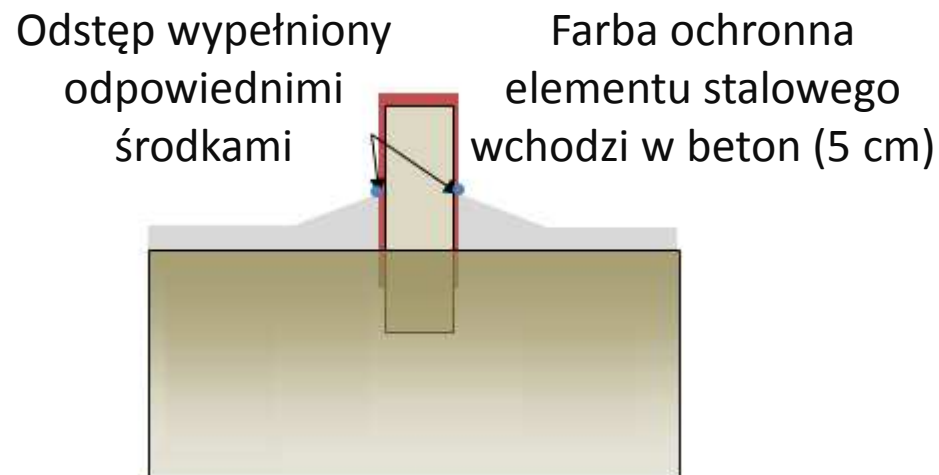
CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

➤ Rozwiązania konstrukcyjne

Przykłady:



źle



dobrze

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

➤ Rozwiązania konstrukcyjne

PN-EN ISO
12944-3



zasady projektowania stali
do malowania

EN ISO
14173-2

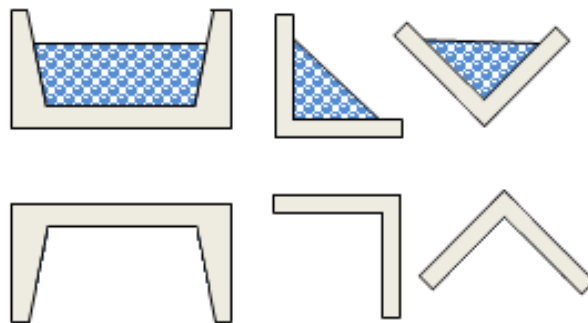


zasady projektowania stali
do cynkowania

CZYNNIKI WYWOŁUJĄCE KOROZJĘ

➤ Rozwiązania konstrukcyjne

Przykłady:



Źle = zatrzymywanie



dobrze



źle = ostra
krawędź

lepiej = mniej
ostra krawędź

dobrze

 System
ochronny
 Stal chroniona

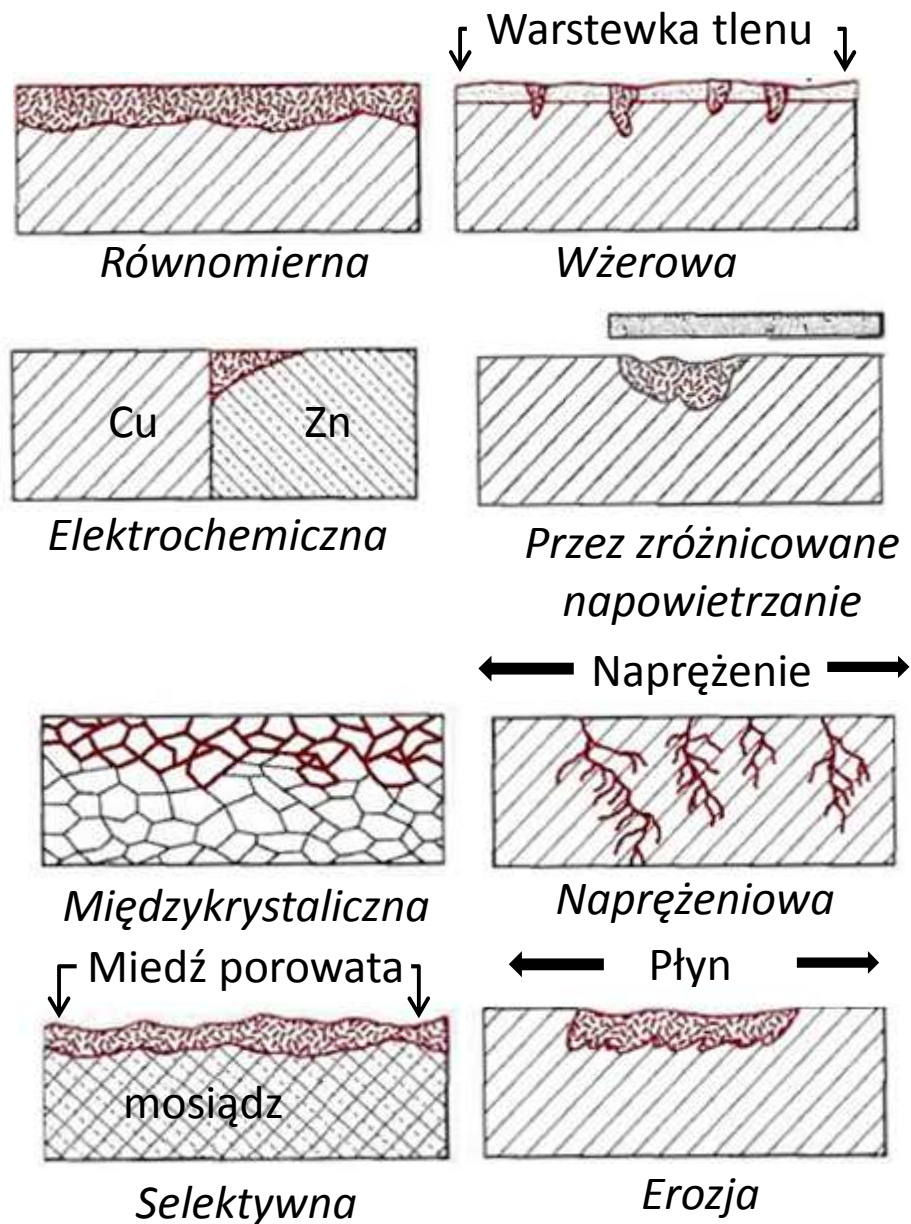
RODZAJE KOROZJI



Program
Uczenie się
przez całe życie

RODZAJE KOROZJI

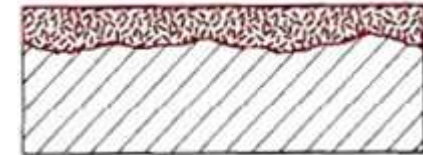
- Równomierna
- Wżerowa
- Galwaniczna
- Przez zróżnicowane napowietrzanie
- Międzykrystaliczna
- Korozja naprężeniowa
- Selektywna
- Erozja



RODZAJE KOROZJI

➤ Korozja równomierna

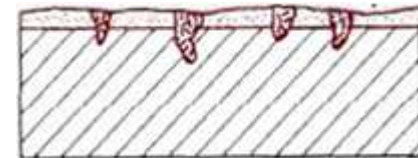
- ✓ Ubytek grubości metalu **stały** na całej powierzchni



→ *Bardzo częsta*

➤ Wżerowa

- ✓ Ubytek metalu **głęboki, niejednolity i ograniczony**
- ✓ Niebezpieczeństwo **perforacji**
- ✓ Często **niewidoczna na powierzchni**



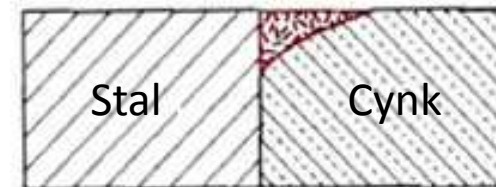
→ *Częsta, może być spowodowana produktami lub oparami chemicznymi.*

RODZAJE KOROZJI

➤ Galwaniczna

- ✓ Kontakt **dwóch metali o różnych potencjałach**
- ✓ Korozja metalu mniej szlachetnego

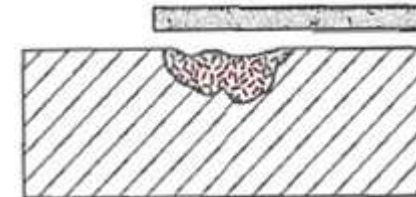
→ *Bardzo częsta*



➤ Przez zróżnicowane napowietrzanie

- ✓ Koncentracja **O₂ niejednorodna** na całej powierzchni metalu
- ✓ Korozja zwana « szczelinową »

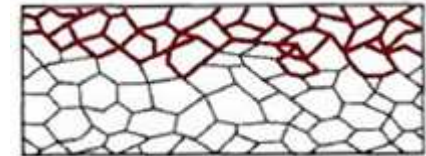
→ *Bardzo częsta, szczególnie w prostych połączeniach*



RODZAJE KOROZJI

➤ Międzykrystaliczna

Metal tworzy ziarna (kryształy)
Między ziarnami → granice



✓ Korozja na poziomie **granic między ziarnami**

→ Często, szczególnie w częściach łączonych

➤ Korozja naprężeniowa/korozja zmęczeniowa

✓ Połączenie kilku zjawisk:

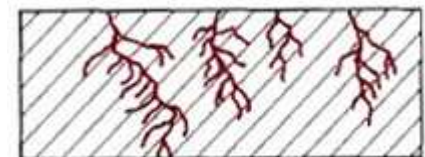
- **Naprężenie** mechaniczne lub skrępowanie
- Obecność **środowiska korozyjnego**

→ Często, raczej na obiektach inżynierskich

↔ Naprężenia dynamiczne ↔



← Naprężenia statyczne →



RODZAJE KOROZJI

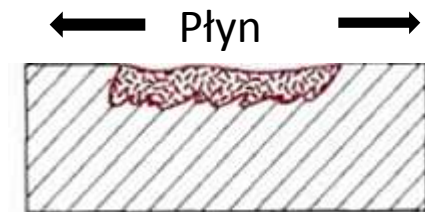
➤ Selektywna

- ✓ Korozja właściwa dla **stopów**
- ✓ Korozja jednego składnika
- ✓ **Porowaty osad** z pozostałych składników
→ *Znacznie rzadsza*



➤ Erozja

- ✓ Połączenie kilku zjawisk:
 - Obecność **plynu** zawierającego cząstki stałe
 - Obecność środowiska korozyjnego



✓ **Wstrząsy i łomotanie**

→ *Częsta dla budowli znajdujących się w środowisku morskim*

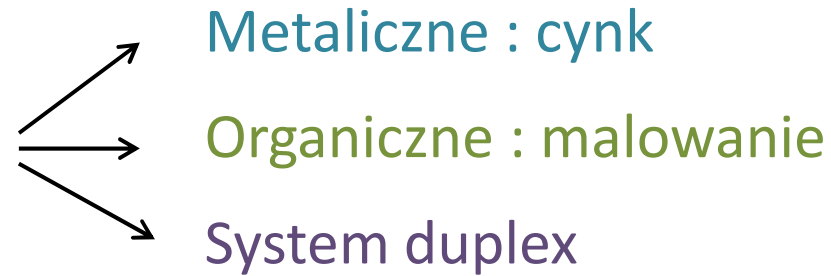
ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE



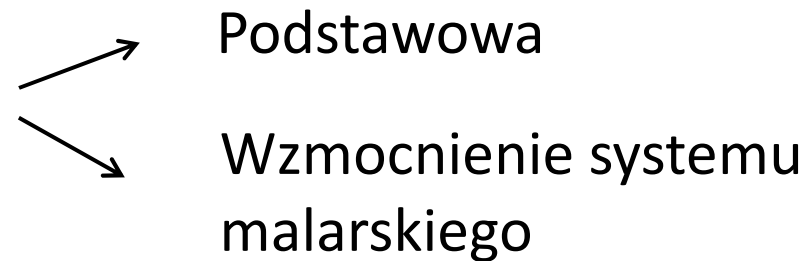
Program
Uczenie się
przez całe życie

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

➤ Powłoki



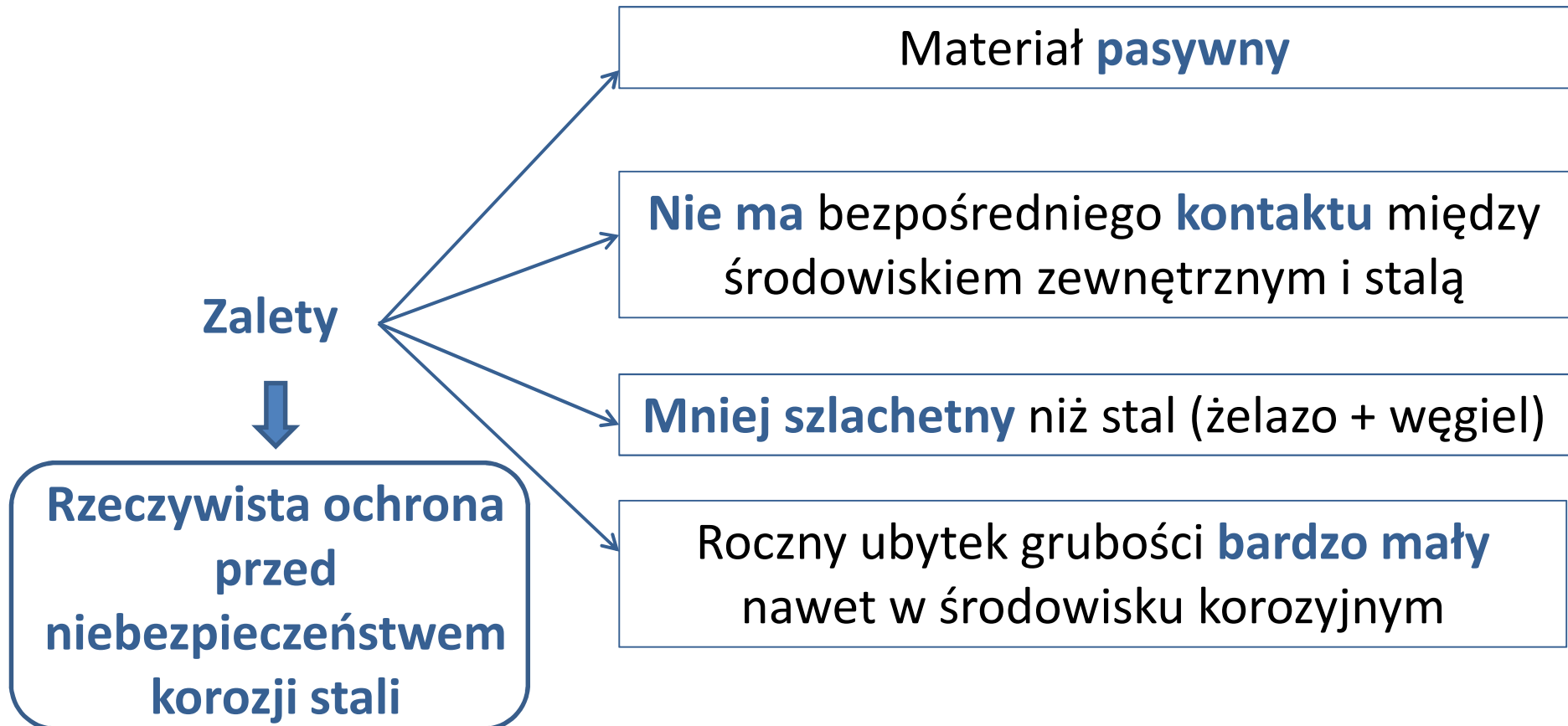
➤ Ochrona katodowa



➤ Inhibitory i inne zabezpieczenia

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

- Powłoka metaliczna: cynk
- ✓ Zalety i wady:



ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

- Powłoka metaliczna: cynk
- ✓ Zalety i wady:

Wady



Zależą od zastosowanej metody

Przykłady:

Warstwy niejednorodne <i>(galwanotechnika, cynkowanie ogniowe gotowych wyrobów i metalizacja)</i>	Złożoność pokrywania niektórych części z powodu ich konstrukcji <i>(cynkowanie ogniowe, galwanotechnika)</i>
Problemy ze zgodnością między niektórymi stalami <i>(cynkowanie ogniowe gotowych wyrobów)</i>	Grubości powłoki nie wystarczające <i>(cynkowanie ogniowe ciągłe, galwanotechnika)</i>

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

➤ Powłoka metaliczna: cynk

✓ Metody

Cynkowanie ogniowe →

Wanna z roztopionym cynkiem,
w której zanurzany jest materiał
PN-EN ISO 14713

zanurzeniowe →

Produkt już uformowany,
jest następnie cynkowany
PN-EN ISO 1461

cigłte →

Cynkowanie i formowanie odbywają się
na tej samej linii produkcyjnej

PN-EN 10327 – PN-EN 10326 – PN-EN 10346

Cynkowanie na zimno →

Farba bogata w cynk

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

➤ Powłoka metaliczna: cynk

✓ Metody

Szerardyzacja



Część do pokrycia i proszek cynkowy,
ogrzewane w kontenerze



Jednorodny rozkład cynku dzięki
wysokiej temperaturze osiągniętej
podczas ogrzewania

pr EN 13 811

Metalizacja



Materiał pokryty przez natryskiwanie
cieplne cynku

PN-EN ISO 2063

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

- Powłoka metaliczna: cynk
- ✓ Metody

Cynkowanie
elektrolityczne
(lub cynkowanie)



Materiał jest zanurzany w wannie zawierającej jony Zn



Pokrycie **elektrolityczne** z Zn na powierzchni materiału za pomocą prądu elektrycznego

PN-EN ISO 2081 – PN-EN
10152 – PN-EN 1403

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

➤ Powłoka organiczna: malowanie

✓ Skład:

Pigment



Proszek nadający **barwę** farbie

**Związki
lotne**



Rozpuszczalnik i rozcieńczalnik (**upłynnienie**)
farby

Spoiwo



Umożliwia **przyleganie** farby do powierzchni
i **spójność** farby

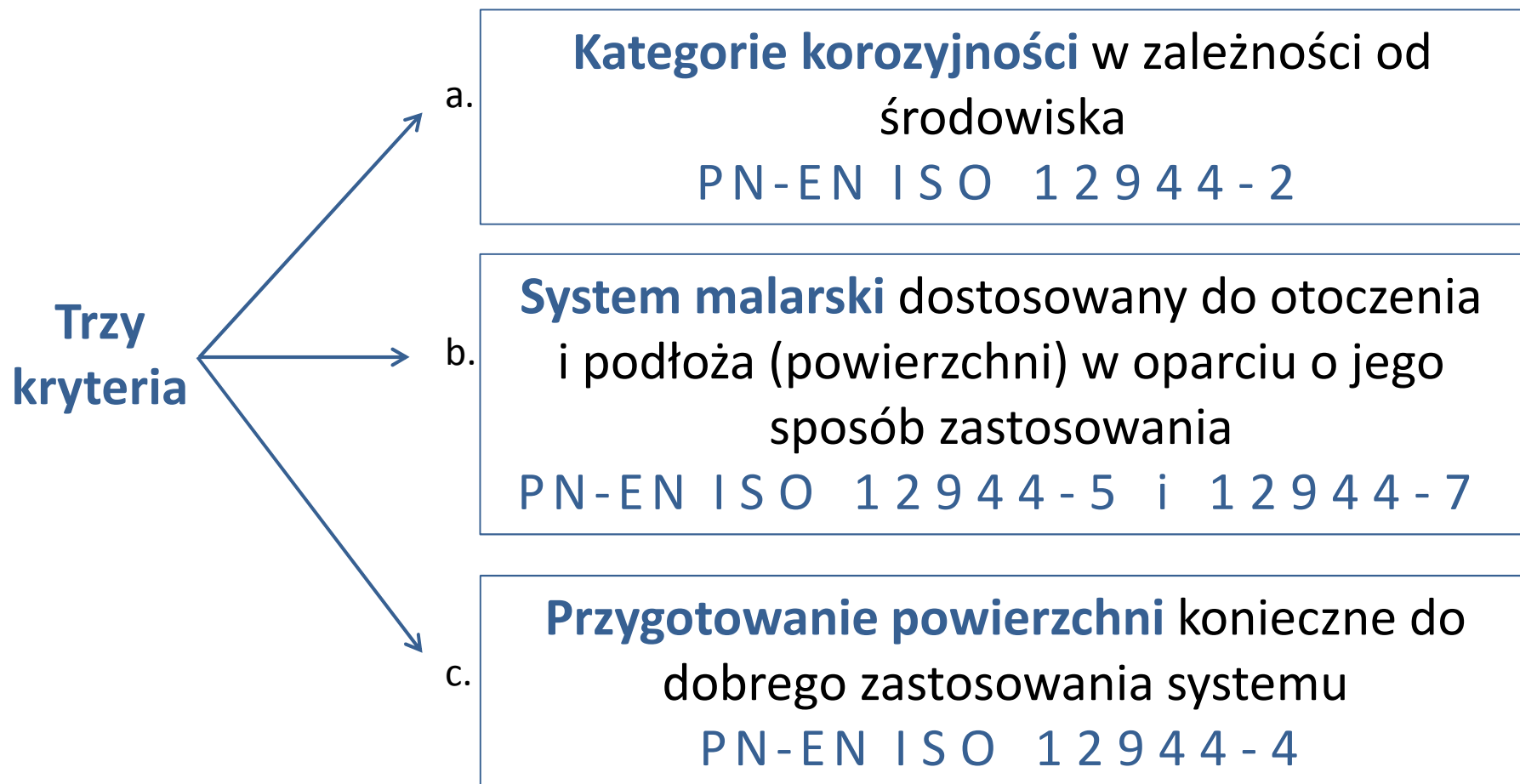
Dodatki



↗ lub ↘ **właściwości** farby (zmętnienie...)

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

- Powłoka organiczna: malowanie
- ✓ Wybór systemu malarskiego



ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

➤ Powłoka organiczna: malowanie

✓ Wybór systemu malarskiego

a. Kategorie korozyjności atmosfery PN-EN ISO 12944-2

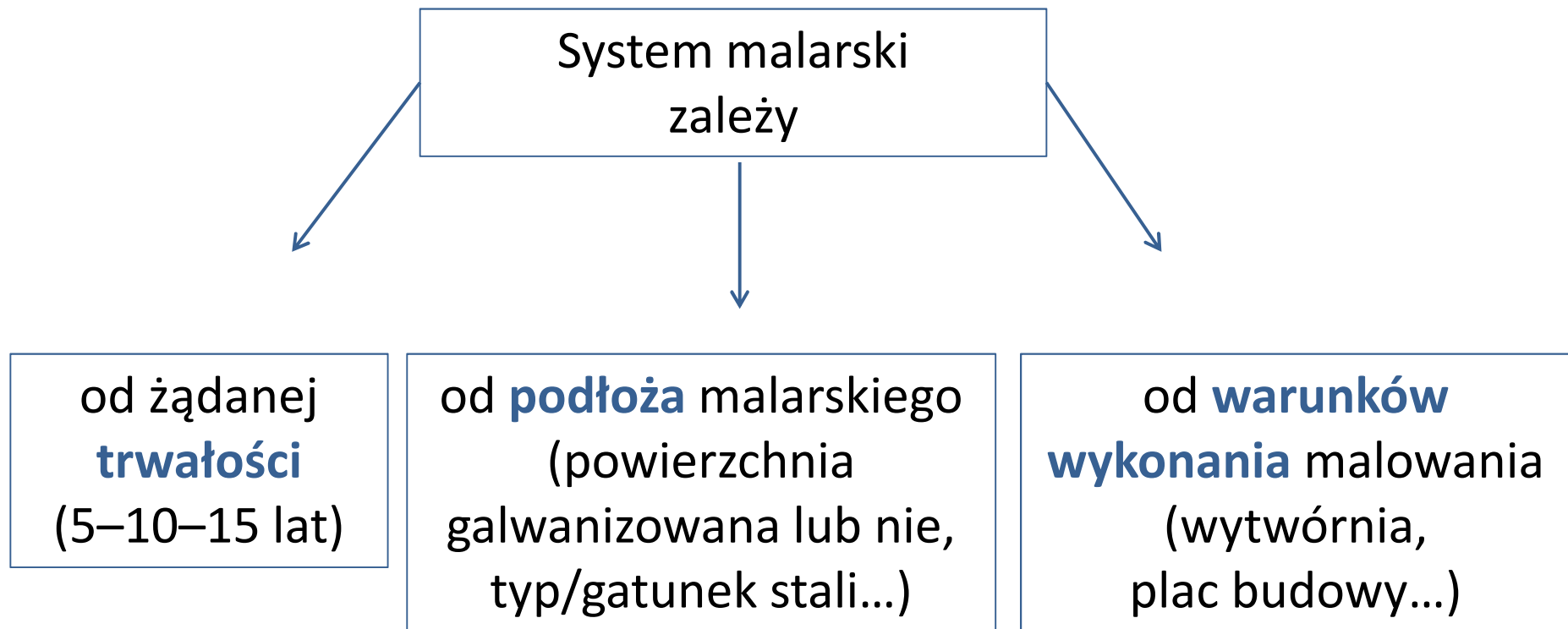
Kategoria korozyjności		Przykład środowiska	
		Na zewnątrz	Wewnątrz
C1 bardzo mała		-	Biura, szkoły, hotele
C2 mała		Obszary wiejskie, małe zanieczyszczenie	Magazyny, sale sportowe
C3 średnia		Obszary przybrzeżne o małym zasoleniu	Zakłady spożywcze, zwiększona wilgotność, ale małe zanieczyszczenie
C4 duża		Obszary przybrzeżne o średnim zasoleniu	Zakłady chemiczne, pływalnie
C5 bardzo duża	C5-I (przemysłowa)	Obszary przemysłowe, agresywna atmosfera, duża wilgotność	Ciągła kondensacja wilgoci i duże zanieczyszczenie
	C5-M (morska)	Obszary przybrzeżne i morskie o dużym zasoleniu.	Ciągła kondensacja wilgoci i duże zanieczyszczenie

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

➤ Powłoka organiczna: malowanie

✓ Wybór systemu malarskiego

b. System malarski PN-EN ISO 12944-5



ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

➤ Powłoka organiczna: malowanie

✓ Wybór systemu malarskiego

b. System malarski PN-EN ISO 12944-5

Charakterystyka
wybranego systemu



Właściwości, ilość, grubość
warstw do zastosowania



Przgotowanie powierzchni podłoża
+
Aplikacja systemu

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

- Powłoka organiczna: malowanie
- ✓ Wybór systemu malarskiego
 - c. Gwarancja i trwałość systemu

PN-EN ISO 12944-5 = nie ma gwarancji dla malowania,
określona tylko trwałość

Podstawa
bezpieczeństwa

Koncepcja ubezpieczenia i odpowiedzialności
specyficzna dla każdego kraju

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

➤ Powłoka organiczna: malowanie

✓ Wybór systemu malarskiego

c. Gwarancja i trwałość systemu

Wymagana trwałość i
maksymalny stopień zardzewienia
(PN-EN ISO 4628-3)

Określone przez klienta
w specjalnym zeszycie
zastrzeżeń technicznych

Stopień zardzewienia (międzynarodowy)	Stopień zardzewienia (europejski)	Powierzchnia zardzewienia (%)
Ri 0	Re 0	0
Ri 1	Re 1	0.05
Ri 2	Re 2	0.5
Ri 3	Re 3	1
Ri 4	Re 5	8
Ri 5	Re 7	40 - 50

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

Przykład:

Trwałość 7 lat z zardzewieniem Ri 3 (ISO) lub Re 3 (skala europejska):

Po 7 latach → zardzewienie powinno być $\leq 1\%$

Stopień zardzewienia (międzynarodowy)	Stopień zardzewienia (europejski)	Powierzchnia zardzewienia (%)
Ri 0	Re 0	0
Ri 1	Re 1	0.05
Ri 2	Re 2	0.5
<u>Ri 3</u>	<u>Re 3</u>	<u>1</u>
Ri 4	Re 5	8
Ri 5	Re 7	40 - 50

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

➤ Powłoka organiczna: malowanie

✓ Sposoby nakładania

a. Przygotowanie powierzchni:

Wymagania

```
graph LR; Wymagania --> B1[Uzyskanie pewnej chropowatości i czystości podłoża]; Wymagania --> B2[Usunięcie zanieczyszczeń (rdza, stare powłoki, olej i tłuszcze...)]; Wymagania --> B3[Otrzymanie optymalnego przylegania i maksymalnej trwałości];
```

Uzyskanie pewnej **chropowatości**
i **czystości** podłoża

Usunięcie zanieczyszczeń
(rdza, stare powłoki, olej i tłuszcze...)

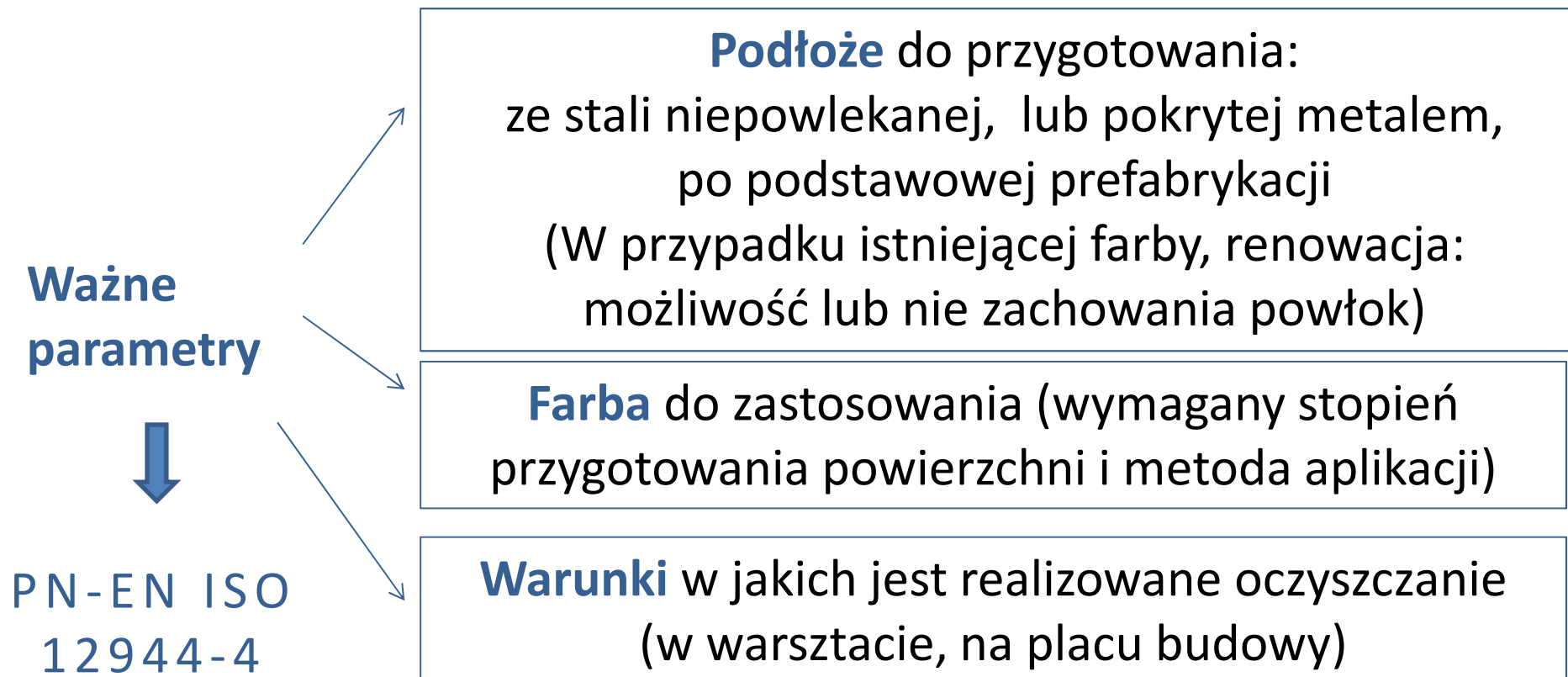
Otrzymanie **optymalnego przylegania**
i **maksymalnej trwałości**

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

➤ Powłoka organiczna: malowanie

✓ Sposoby nakładania

a. Przygotowanie powierzchni:

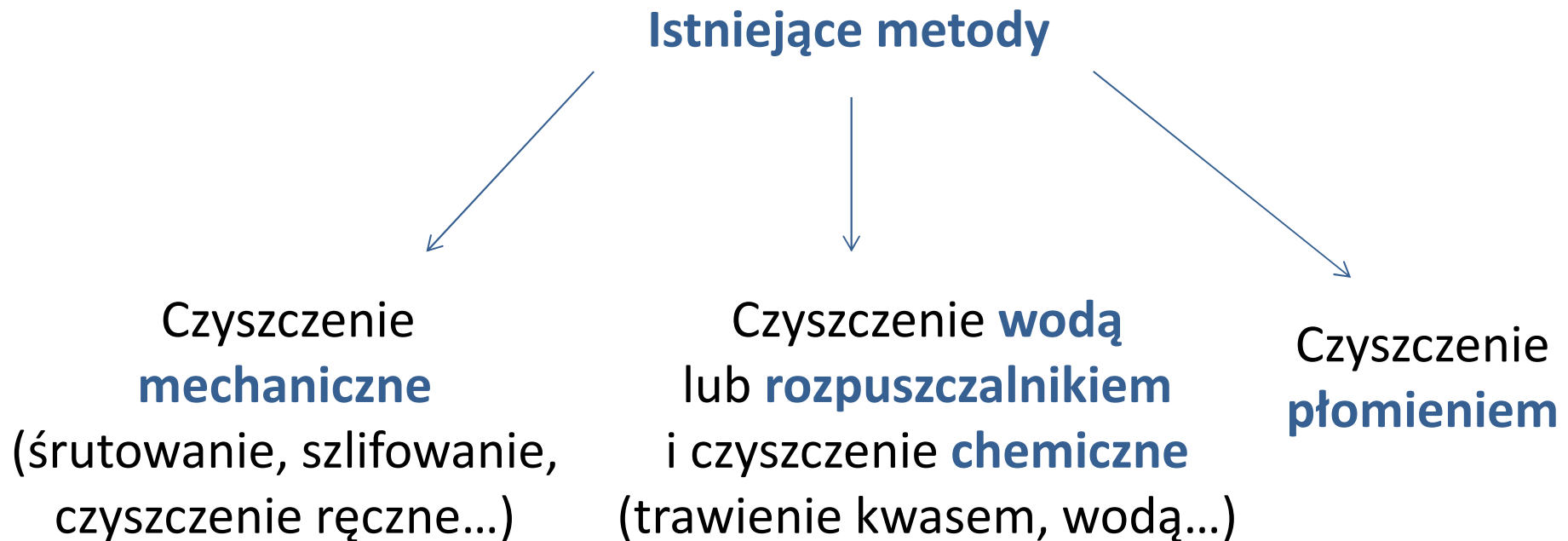


ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

➤ Powłoka organiczna: malowanie

✓ Sposoby nakładania

a. Przygotowanie powierzchni:



ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

➤ Powłoka organiczna: malowanie

✓ Sposoby nakładania

a. Przygotowanie powierzchni:

Stopnie przygotowania

```
graph TD; A[Stopnie przygotowania] --> B[Przygotowanie pierwotne (całkowite)]; A --> C[Przygotowanie drugie (częściowe)]; B --- D["Otrzymanie stali bez żadnej powłoki  
PN-EN ISO 8501-1  
PN-EN ISO 12944-4"]; C --- E["Konserwowanie zdrowych części powłok malarskich lub metalowych  
PN-EN ISO 8501-2  
PN-EN ISO 12944-4"];
```

Przygotowanie pierwotne
(całkowite)

Otrzymanie **stali**
bez żadnej powłoki
PN-EN ISO 8501-1
PN-EN ISO 12944-4

Przygotowanie drugie
(częściowe)

Konserwowanie zdrowych części
powłok malarskich lub metalowych
PN-EN ISO 8501-2
PN-EN ISO 12944-4

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

➤ Powłoka organiczna: malowanie

✓ Sposoby nakładania

a. Przygotowanie powierzchni:

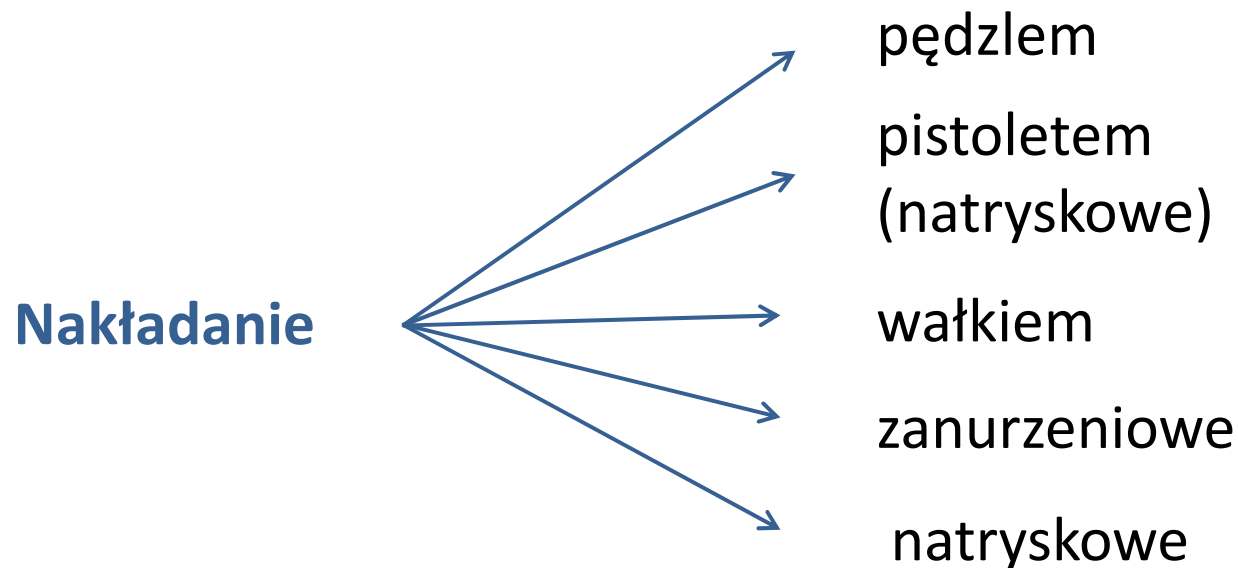
Stosowane metody	Stopnie przygotowania	
	<i>przygotowanie pierwotne</i>	<i>przygotowanie drugie</i>
śrutowanie	Sa	P Sa
czyszczenie ręczne lub maszynowe	St	P St
czyszczenie ogniem	Fl	-
trawienie kwasem	Be	-
miejscowe szlifowanie, ścieranie mechaniczne	-	P Ma

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

➤ Powłoka organiczna: malowanie

✓ Sposoby nakładania

b. Aplikacja systemu PN-EN ISO 12944-7

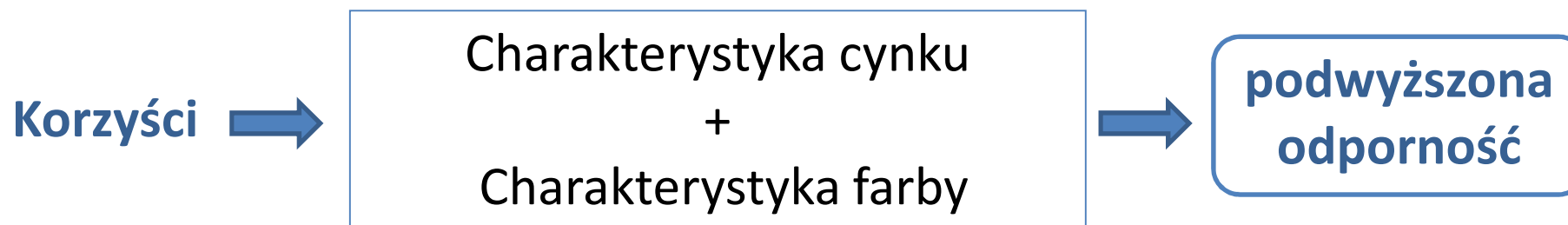


Te metody nakładania muszą być kompatybilne z wybranym systemem malarskim.

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

➤ Powłoka: system duplex

Połączenie powłoki cynkowej i systemu malarskiego



całkowita
trwałość
powłoki

> 2.1 x

trwałość cynku
+
trwałość systemu
malarskiego

PN-EN ISO 14713 – PN-EN 15773

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

- Ochrona katodowa
- ✓ Podstawowa:



oddziaływanie na wartości potencjału każdego materiału



Muszą być w elektrolicie (ziemia lub woda)

Dwa typy ochrony katodowej

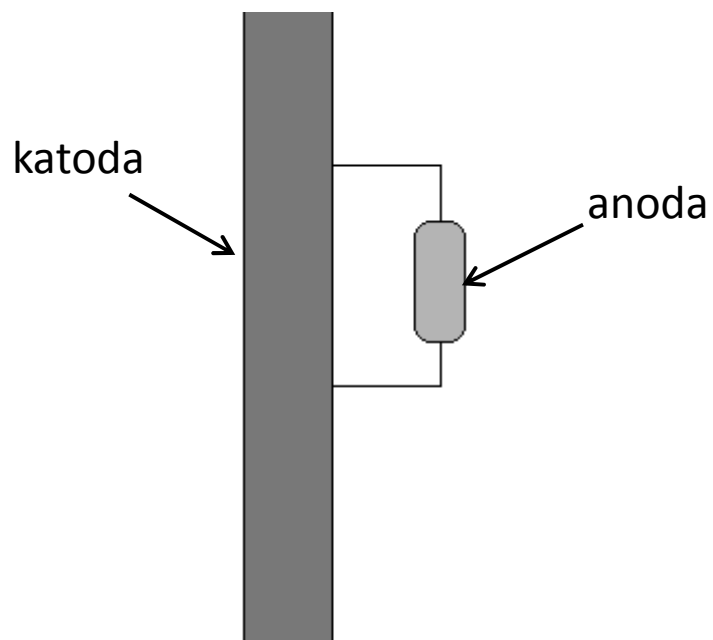
↙ *ochrona galwaniczna (protektorowa)*
↘ *ochrona elektrolityczna*

PN-EN 12499 – PN-EN 13173 – PN-EN 12473

PN-EN 12696 - A05-655 - A05-611 - A05-615

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

- Ochrona katodowa
- ✓ Podstawowa:



Przy ochronie galwanicznej



Pomiar potencjałów
realizowany za pomocą pola elektrycznego podłączonego do anody i do konstrukcji



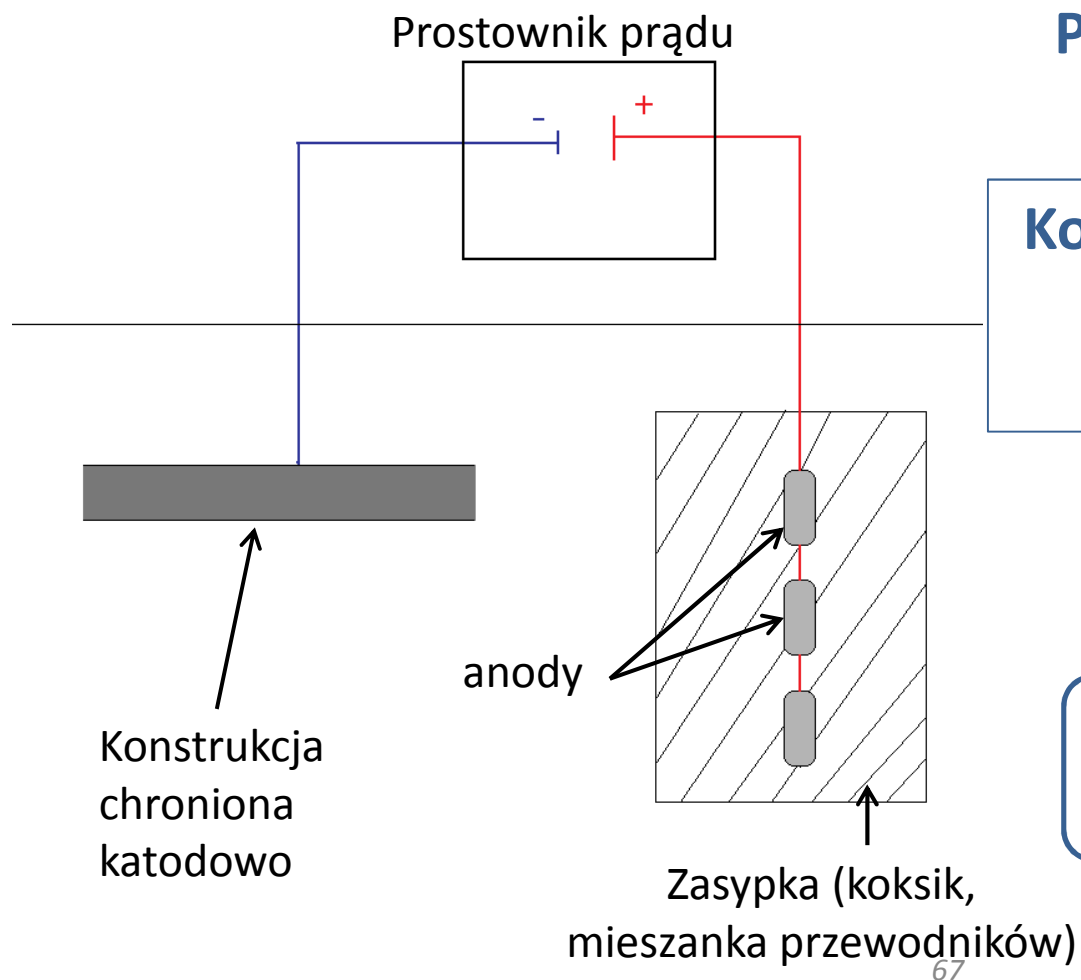
Nie ma możliwości regulacji
Nie ma generatora prądu,
ani prostownika



Należy pamiętać o wymianie anod, gdy są one zużyte

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

- Ochrona katodowa
- ✓ Podstawowa:



Przy ochronie elektrolitycznej



Kontrola + regulacja potencjałów
przez prostownik prądu
(wartości natężenia prądu)



Prąd jest **wymagany**, aby
uzyskać pożądane potencjały

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

- Ochrona katodowa
- ✓ Podstawowa:

Anody
galwaniczne



Anody z cynku,
aluminium,
magnezu lub
stopu

Anody w ochronie
elektrolitycznej



Anody zużywające się (stal i
wyroby żelazne)

Anody trochę zużywające się
(grafit i żelazokrzem)

Anody zużywające się bardzo
mało (tytan platynowany)



NIGDY ICH NIE MALOWAĆ

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

- Ochrona katodowa
- ✓ Wzmocnienie systemu malarskiego

Możliwość połączenia stali malowanej z ochroną katodową

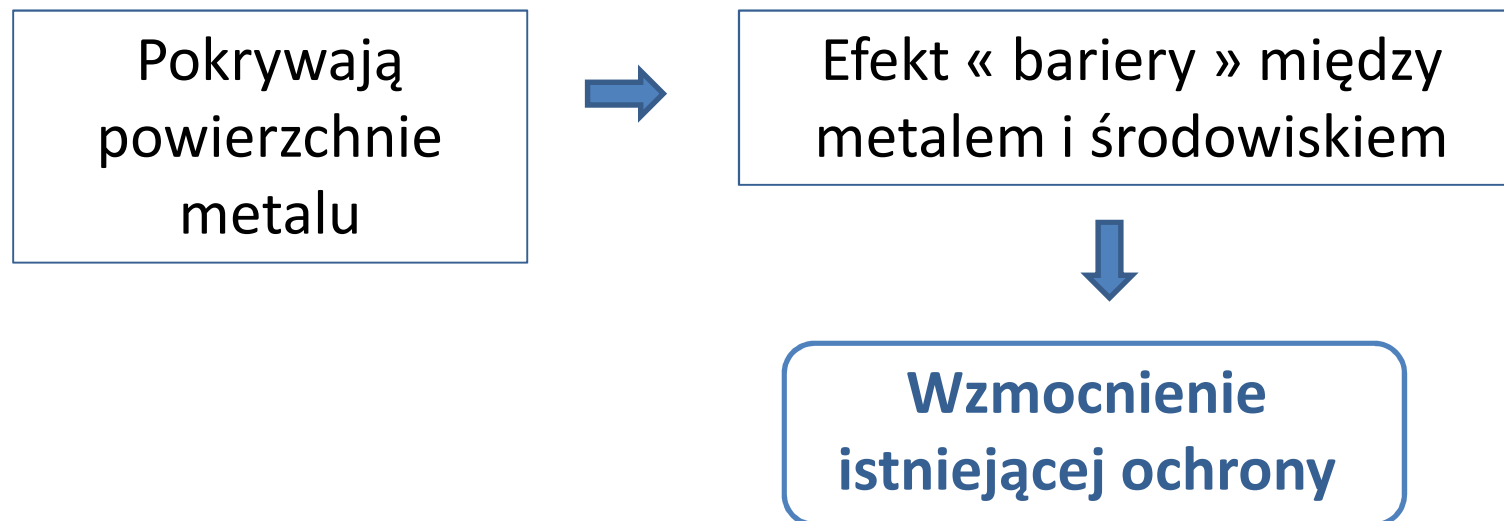
Zalety	Wady
Lepsza trwałość	Niebezpieczeństwo odrywania powłoki malarskiej
Ochrona materiału w przypadku uszkodzenia powłoki	Problemy zgodności z niektórymi farbami
Mniejsze zapotrzebowanie prądu	

PN - EN 12068

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

- Inhibitory i inne zabezpieczenia
- ✓ Inhibitory

Związki chemiczne, które **opóźniają** lub **zatrzymują** korozję



Przykład

W farbie = dodatki

ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE

- **Inhibitory i inne zabezpieczenia**
- ✓ **Inne zabezpieczenia:**
 - Zamiana materiału: wybór materiału szlachetniejszego niż stal, takiego jak inox
 - Usunięcie kontaktu fizycznego: możliwość położenia żywic lub podkładek izolujących, nałożenia kapturek na śruby, ...

PODSUMOWANIE



Program
Uczenie się
przez całe życie

PODSUMOWANIE

- Korozja charakteryzuje się mechanizmem bardziej lub mniej szybkim, który zależy głównie od otoczenia, samego metalu (jego składu chemicznego, jego potencjału elektrochemicznego) i budowy części (łączenie metali, kształty i wybrane pokrycia).
- Może przybierać różne formy: wżerowa, międzykrystaliczna, selektywna, równomierna... i może być mniej lub bardziej destrukcyjna w zależności od prędkości, do której się rozwinie.

PODSUMOWANIE

- Aby walczyć skutecznie z tym zjawiskiem, istnieją różne metody **dostosowania** materiału **do warunków eksploatacji**: powłoki, ochrona katodowa, systemy duplex ...
- Konstrukcja i system ochrony odpowiedni i dostosowany do środowiska są istotnymi kryteriami, aby zapewnić dobrą trwałość konstrukcji. Istotne jest to, żeby były dobrze przeanalizowane w fazie studialnej w celu zmniejszenia dodatkowego niebezpieczeństwa korozji.



Program Uczenie się przez całe życie

Moduły szkoleniowe SKILLS zostały opracowane przez konsorcjum organizacji, podanych na dole slajdu.
Materiał jest w objęty licencją Creative Commons



Ten projekt został zrealizowany przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej.
Publikacje w ramach tego projektu odzwierciedlają jedynie stanowisko ich autorów i Komisja Europejska
nie ponosi odpowiedzialności za umieszczoną w nich zawartość merytoryczną.

