



DOŚWIADCZENIA Z EKSPLOATACJI LINII 110 kV

– izolacja kompozytowa, zabezpieczenia antykorozyjne
konstrukcji wsporczych

lukasz.piasek@operator.enea.pl

rada.techniczna.eop@operator.enea.pl

Wiśła, 26.10. 2023 r.

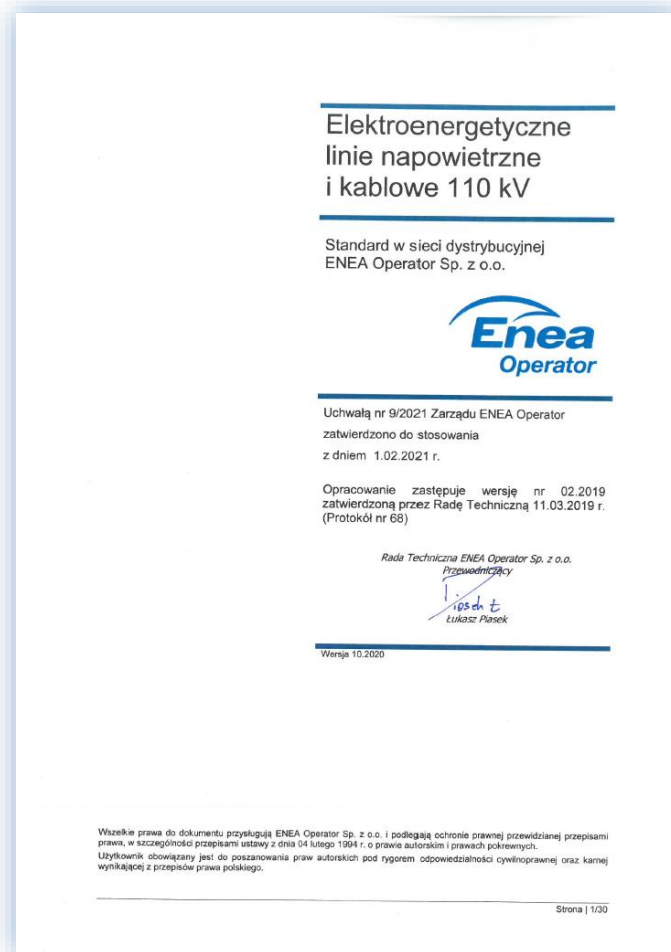


Standard
w sieci dystrybucyjnej
Enei Operator

„Elektroenergetyczne linie napowietrzne i kablowe 110 kV”

Standard „Elektroenergetyczne linie napowietrzne
i kablowe 110 kV” obowiązuje w obecnej wersji
od 1 lutego 2021 r.

Rada Techniczna Enei Operator - wspólna myśl techniczna Standaryzacja



zabezpieczenia antykorozyjne konstrukcji wsporczych



Wymagania w zakresie zabezpieczenia antykorozyjnego konstrukcji wsporczych określono przede wszystkim w oparciu o następujące regulacje:

PN-EN ISO 1461 Powłoki cynkowe nanoszone na wyroby stalowe i żeliwne metodą zanurzeniową – Wymagania i metody badań

PN-EN ISO 14713-1 Powłoki cynkowe - Wytyczne i zalecenia dotyczące ochrony przed korozją konstrukcji z żeliwa i stali. Część 1: Zasady ogólne dotyczące projektowania i odporności korozyjnej.

PN-EN ISO 14713-2 Powłoki cynkowe - Wytyczne i zalecenia dotyczące ochrony przed korozją konstrukcji z żeliwa i stali. Część 2: Cynkowanie zanurzeniowe.

PN-EN 1090-2 Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych. Część 2: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych.

PN-EN ISO 9227 Badania korozyjne w sztucznych atmosferach. Badania w rozpylonej solance.

DASt – Richtlinie 022 Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen (*Guideline for hot-dip-zinc Coating of load-bearing steel components*)

PN-EN 1179 Cynk i stopy cynku – Cynk pierwotny



Podstawowe wymagania Standardu dotyczące konstrukcji wsporczych:

Przy budowie nowych, przebudowie i remoncie istniejących linii napowietrznych 110 kV należy podstawowo stosować konstrukcje wsporcze kratowe stalowe cynkowane.

W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się zastosowanie następujących konstrukcji wsporczych:

- słupy stalowe pełnościenne (cynkowane i malowane),
- słupy strunobetonowe wirowane.

Wymagania stawiane zabezpieczeniu antykorozyjnemu konstrukcji stalowych



Zabezpieczenie podstawowe:

Wszystkie elementy konstrukcji stalowych należy zabezpieczyć, przed szkodliwym wpływem środowiska, w procesie cynkowania ogniowego. Wymaga się, aby skład kąpieli cynku był zgodny z wymaganiami zdefiniowanymi w przewodniku dla powłok cynkowanych ogniowo DAST. 022 (*Deutscher Ausschuß für Stahlbau*) wydanym przez Komitet ds. Konstrukcji Stalowych. Nie zaleca się dodawania do składu kąpieli cynku odzyskiwanego.

Grubość powłoki cynkowej powinna być zgodna z postanowieniami zawartymi w normach:

PN-EN ISO 1461 oraz PN-EN ISO 14713-1.

Zabezpieczenie dodatkowe:

Docelowo wszystkie zabudowywane konstrukcje powinny posiadać dodatkowe zabezpieczenie antykorozyjne konstrukcji słupów z zastosowaniem dwuwarstwowego systemu malarskiego.

Wymagania stawiane zabezpieczeniu antykorozyjnemu konstrukcji stalowych



Zabezpieczenie podstawowe

– potrzeba uszczegółowienia wymagań (projekt)

Wszystkie elementy konstrukcji stalowych należy zabezpieczyć, przed szkodliwym wpływem środowiska, w procesie cynkowania ogniowego. Wymaga się, aby skład kąpielii cynku był zgodny z wymaganiami **DAST. 022** oraz **PN-EN 1179**.

Wartość domieszek, czyli sumaryczna ilość pierwiastków innych niż cynk nie może przekraczać 1,5%, przy czym $Sn \leq 0,1\%$, $Pb+10 Bi \leq 1,5\%$, $Ni < 0,1\%$, $Al \leq 0,1\%$, suma pozostałych $< 0,1\%$.

Grubość powłoki cynkowej powinna być zgodna z normą **PN-EN ISO 1461** i **PN-EN ISO 14713-1** dla klasy trwałości VH. W przypadku, gdy klasa korozyjności środowiska określona została jako C4 albo C5 wówczas zgodnie z **PN-EN ISO 9223** wymaga się, aby grubość powłoki cynkowej zapewniała ochronę antykorozyjną wyrobu dla klasy:

- C4 przez okres min. 40 lat (średnia wartość ubytku na grubości powłoki cynkowej: 3,15 $\mu\text{m}/\text{rok}$),
- C5 przez okres min. 30 lat (średnia wartość ubytku na grubości powłoki cynkowej: 6,30 $\mu\text{m}/\text{rok}$).

Wykonawca (przed rozpoczęciem montażu konstrukcji wsporczych) powinien dostarczyć do ENEA Operator:



- plan kontroli jakości zgodny z normą **PN-ISO 10005**
- próbki stali ocynkowanej użytej do wykonania elementów konstrukcji (wymaga się aby powierzchnia próbki zawierała się między 200 cm², a 330 cm²,
- raport odbioru elementów ocynkowanych zawierający wyniki pomiaru grubości powłoki cynkowej wraz z informacją o wzorcowaniu/kalibracji urządzenia pomiarowego,
- wyniki testu (NSS) przeprowadzonego w komorze solnej, zgodnie z normą **PN-EN ISO 9227**, nie starsze niż 5 lat, dostarczane dla danego układu antykorozyjnego lub każdorazowo przy zmianie składu lub proporcji składników kąpieli cynkowej

Ocena testu (NSS) powinna zostać przeprowadzona zgodnie z normą PN-EN ISO 10289 (załącznik B).

Kryteria akceptacji...

Wykonawca (przed rozpoczęciem montażu konstrukcji wsporczych) powinien dostarczyć do ENEA Operator sp. z o.o. (cd):

Kryteria akceptacji



Czas ekspozycji próbki w komorze solnej NSS [h]	Liczba konstrukcji stalowych/słupów [szt.]	Wymagana klasa R_p/R_A	Okres ważności badań
48	≤ 2	10	dana inwestycja
168	≤ 10	≥ 9 (bez czerwonej korozji)	dana inwestycja
480	> 10	≥ 9	do 5 lat (dla zbadanego układu)
720	> 10	≥ 8	do 5 lat (dla zbadanego układu)

- raport z obliczenia trwałości powłoki cynkowej [...] dla klasy trwałości VH w klasie korozyjności odpowiedniej dla danego obszaru wyznaczonej na podstawie normy **PN-EN ISO 9223**, jednak nie mniejszej niż C3 na podstawie tabeli 2 normy **PN-EN ISO 14713-1**
- aktualny certyfikat ISO 9001 zakładu, w którym został przeprowadzony proces cynkowania, lub procedury, w których przedstawiony został proces cynkowania i przygotowania stali do cynkowania.

Powyższe informacje stanowią element dokumentacji powykonawczej linii 110 kV.

Podstawowy element konstrukcji - Stal



Wymagania stawiane dla stali przeznaczonej na konstrukcje stalowe

W składzie chemicznym stali przeznaczonej na konstrukcje wsporcze (słupy kratowe, słupy stalowe pełnościennie, poprzeczniki słupów strunobetonowych wirowanych) powinien być zawarty krzem (Si) w ilości:

- poniżej 0,03% (przy sumarycznej zawartości krzemu i fosforu nie przekraczającej 0,045%)
lub
- od 0,15% do 0,24% (przy sumarycznej zawartości krzemu i węgla mniejszej od 0,5%)

Nie dopuszcza się stali kategorii C i D wskazanych w Tabeli 1 normy PN-EN ISO 14713-2.

Kategoria	Typowe poziomy pierwiastków reaktywnych % (ułamek masowy)	Dodatkowe informacje	Typowe właściwości powłoki
C	> 0,03% Si do < 0,14% Si	Może powstać zbyt gruba powłoka	Powłoka jest ciemniejsza i bardziej szorstka z grubszą teksturą. W strukturze powłoki dominują stopy żelaza i cynku rozciągające się na powierzchni powłoki, zmniejszające jej odporność na uszkodzenia, w tym mechaniczne związane z obsługą, np. przy transporcie i zabudowie wyrobu.
D	> 0,25 % Si	Grubość powłoki zwiększa się wraz ze wzrostem zawartości krzemu	

Przykładowe próbki konstrukcji stalowych dostarczone do badań



Tabela 2.1

Nr próbki	Zawartość [%] ± niepewność rozszerzona [%]												
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	V	Mo	Ti	Al	CEV**)
20/6/100-A1	0,167 ±0,015	1,292 ±0,071	0,175 ±0,024	0,022 ±0,003	0,022 ±0,004	0,046 ±0,005	0,029* ±0,003	0,094 ±0,011	0,005 ±0,001	0,001* ±0,001	0,002* ±0,001	0,037 ±0,007	0,401 -

Procentowa zawartość krzemu (Si) = 0,175% (czyli między 0,15%, a 0,24% -> warunek drugi Si + C < 0,5%)
Si + C = 0, 175% + 0, 167% = 0,342% - warunek < 0,5% spełniony – **stal nadaje się do cynkowania**

Weryfikacja składu chemicznego stali konstrukcyjnej

Na podstawie otrzymanych od Wykonawcy próbek stali konstrukcyjnej oraz świadectw odbioru 3.1. wg PN-EN 10204 wydanych dla stali konstrukcyjnej potwierdzona zostaje zgodność składu chemicznego stali.

Skład pierwiastkowy stali dla konstrukcji stalowych (słupy kratowe 110 kV), nie spełniający wymagań Standardu pn. „Elektroenergetyczne linie napowietrzne i kablowe 110 kV” oznaczony barwą czerwoną.

Data wpisania	Nr świadectwa "3.1" wg EN 10204	Gatunek stali wg EN 10025-2:2019	Skład stali			WARUNEK 1		WARUNEK 2		OCENA
			Si	P	C	krzem < 0,03%	Σ Si, P <= 0,045 %	krzem pomiędzy <0,15; 0,24> %	Σ Si, C <0,5 %	
			%	%	%					
2023-07-05	235485150	S235/S275 JR+AR	0,190	0,012	0,120	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	1001175166	S355J2+N	0,028	0,017	0,180	TAK	TAK	NIE	TAK	ZGODNY
2023-07-05	80122011831	S355J2+N	0,013	0,008	0,154	TAK	TAK	NIE	TAK	ZGODNY
2023-07-05	80122011831	S355J2+N	0,550	0,025	0,200	NIE	NIE	NIE	NIE	NIEZGODNY
2023-07-05	4020098524	S355J2+N	0,020	0,009	0,140	TAK	TAK	NIE	TAK	ZGODNY
2023-07-05	22130202/005	S235JRC+N	0,010	0,011	0,150	TAK	TAK	NIE	TAK	ZGODNY
2023-07-05	80121046052	S355J2+N	0,550	0,025	0,200	NIE	NIE	NIE	NIE	NIEZGODNY
2023-07-05	1001038940	S235JR+N	0,022	0,017	0,070	TAK	TAK	NIE	TAK	ZGODNY
2023-07-05	235413132	S355J2+AR	0,210	0,014	0,120	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	235413132	S355J2+AR	0,220	0,012	0,120	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	1001124228	S355J2+M	0,173	0,011	0,110	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	235413132	S355J2+AR	0,210	0,014	0,120	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	1001139456	S355J2+M	0,176	0,011	0,140	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	24/20/00453/001	S355J2+AR	0,230	0,022	0,170	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	24/21/00379/001	S355J2+AR	0,230	0,018	0,180	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	373464	S355J2+AR	0,210	0,025	0,150	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	000911/2023	S355J2+AR	0,190	0,006	0,140	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	1003239007	S355J2+M	0,189	0,008	0,150	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	235478028	S355J2+AR	0,190	0,015	0,110	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	1124145	S355J2+AR	0,230	0,014	0,130	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	1003205247	S355J2+M	0,208	0,017	0,150	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	1001132307	S355J2C+N	0,030	0,019	0,180	NIE	NIE	NIE	TAK	NIEZGODNY
2023-07-05	383344	S355J2+AR	0,200	0,021	0,150	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	308757	S355J2+AR	0,200	0,022	0,130	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY
2023-07-05	1001138457	S235JR+M	0,174	0,019	0,160	NIE	NIE	TAK	TAK	ZGODNY

Stal charakteryzuje się nieprawidłową/niedopuszczoną przez Standard zawartością krzemu, co wpływa m.in. na powstanie efektu Sandelina i osłabienie wytrzymałości powłoki cynkowej.

Badania korozyjne w sztucznej atmosferze NSS i AASS próbek ocynkowanej stali S355 J2+N oraz próbek z naprawianą powierzchnią

Wykaz próbek do badań:

Lp.	Technologia	Materiał	Długość [mm]	Szerokość [mm]	Grubość [mm]	Wielkość naprawianej powierzchni	Metoda naprawianej powierzchni	Nr próbki
1	Cynkowanie	S355	150	135	6	N/A	brak	3
2	Cynkowanie	S355				60x40	Malowanie farbą cynkową	1
3	Cynkowanie	S355				60x40	Natrysk na gorąco	2

Badania korozyjne w sztucznej atmosferze AASS próbek ocynkowanej stali S355 J2+N oraz próbek z naprawianą powierzchnią

Ocena wizualna, nieuzbrojonym okiem
zgodnie z ISO 9227 pkt 13 b) - wygląd po badaniu po usunięciu powierzchniowych produktów korozji.

Lp.	Nr próbki	Metoda naprawianej powierzchni	Czas testu [h]	Wygląd próbki po badaniu (Opis słowny)
1	1a	Malowanie farbą cynkową	480	Duża ilość białych prod. korozji, spęcherzenie, czerwona korozja punktowa
2	1b	Malowanie farbą cynkową	480	Duża ilość białych prod. korozji, spęcherzenie, czerwona korozja punktowa
3	2a	Natrysk na gorąco	480	Duża ilość białych prod. korozji, spęcherzenie, czerwona korozja punktowa
4	2b	Natrysk na gorąco	480	Duża ilość białych prod. korozji, spęcherzenie, czerwona korozja punktowa
5	3	Brak	480	Duża ilość białych prod. korozji, spęcherzenie, czerwona korozja punktowa

Badania korozyjne w sztucznej atmosferze AASS próbek ocynkowanej stali S355 J2+N oraz próbek z naprawianą powierzchnią

Ocena wizualna, nieuzbrojonym okiem
zgodnie z ISO 9227 pkt 13 a) - wygląd po badaniu przed usunięciem powierzchniowych produktów korozji.

Lp.	Nr próbki	Metoda naprawianej powierzchni	Czas testu [h]	Wygląd próbki po badaniu (Opis słowny)
1	1a	Malowanie farbą cynkową	480	Wżery i zacieki korozyjne na całej powierzchni galwanizowanej, spęcherzenie
2	1b	Malowanie farbą cynkową	480	Wżery i zacieki korozyjne na całej powierzchni galwanizowanej, spęcherzenie
3	2a	Natrysk na gorąco	480	Wżery i zacieki korozyjne na całej powierzchni galwanizowanej, spęcherzenie
4	2b	Natrysk na gorąco	480	Wżery i zacieki korozyjne na całej powierzchni galwanizowanej, spęcherzenie
5	3	Brak	480	Wżery i zacieki korozyjne na całej powierzchni galwanizowanej, spęcherzenie

Badania korozyjne w sztucznej atmosferze NSS próbek ocynkowanej stali S355 J2+N oraz próbek z naprawianą powierzchnią

Ocena wizualna, nieuzbrojonym okiem
zgodnie z ISO 9227 pkt 13 b) - wygląd po badaniu po usunięciu powierzchniowych produktów korozji.



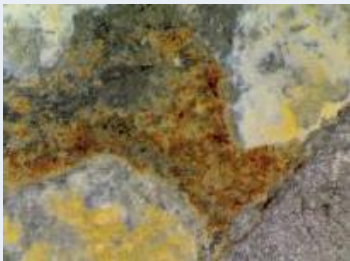



Lp.	Nr próbki	Metoda naprawianej powierzchni	Czas testu [h]	Wygląd próbki po badaniu (Opis słowny)
1	1a	Malowanie farbą cynkową	480	Duża ilość białych prod. korozji, spęcherzenie, czerwona korozja punktowa
2	1b	Malowanie farbą cynkową	480	Duża ilość białych prod. korozji, spęcherzenie, czerwona korozja punktowa
3	2a	Natrysk na gorąco	480	Duża ilość białych prod. korozji, spęcherzenie, czerwona korozja punktowa
4	2b	Natrysk na gorąco	480	Duża ilość białych prod. korozji, spęcherzenie, czerwona korozja punktowa
5	3	Brak	480	Duża ilość białych prod. korozji, spęcherzenie, czerwona korozja punktowa

Badania korozyjne w sztucznej atmosferze NSS próbek ocynkowanej stali S355 J2+N oraz próbek z naprawianą powierzchnią


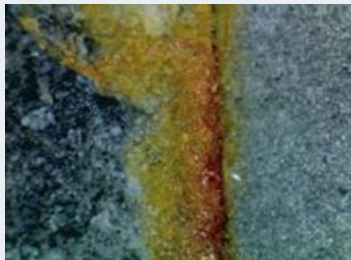

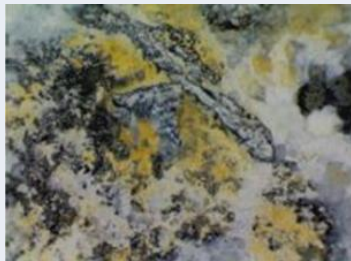
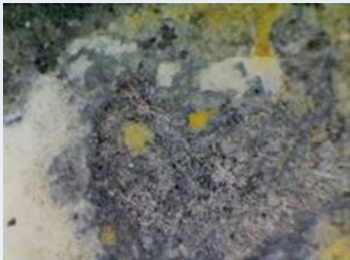

Ocena wizualna, nieuzbrojonym okiem
zgodnie z ISO 9227 pkt 13 a) - wygląd po badaniu przed usunięciem powierzchniowych produktów korozji.

Lp.	Nr próbki	Metoda naprawianej powierzchni	Czas testu [h]	Wygląd próbki po badaniu (Opis słowny)
1	1a	Malowanie farbą cynkową	480	Wżery i zacieki korozyjne na całej powierzchni galwanizowanej, spęcherzenie
2	1b	Malowanie farbą cynkową	480	Wżery i zacieki korozyjne na całej powierzchni galwanizowanej, spęcherzenie
3	2a	Natrysk na gorąco	480	Wżery i zacieki korozyjne na całej powierzchni galwanizowanej, spęcherzenie
4	2b	Natrysk na gorąco	480	Wżery i zacieki korozyjne na całej powierzchni galwanizowanej, spęcherzenie
5	3	Brak	480	Wżery i zacieki korozyjne na całej powierzchni galwanizowanej, spęcherzenie

Widok próbek po badaniach AASS

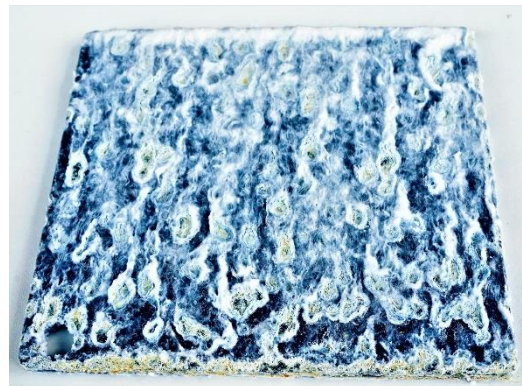
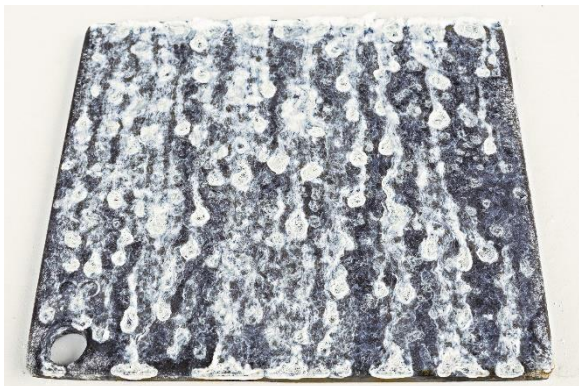
Lp.	Nr próbki	Metoda naprawianej powierzchni	Czas testu [h]	Pole powierzchni odniesienia – powiększenie x50	
				1	2
1	1	Malowanie farbą cynkową	480		
2	2	Natrysk na gorąco	480		
3	3	Brak	480		

Widok próbek po badaniach NSS

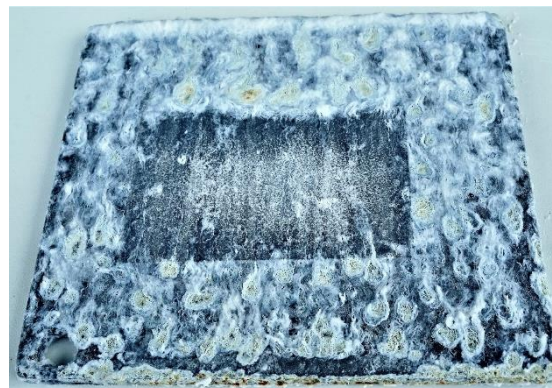
Lp.	Nr próbki	Metoda naprawianej powierzchni	Czas testu [h]	Pole powierzchni odniesienia – powiększenie x50	
				1	2
1	1	Malowanie farbą cynkową	480		
2	2	Natrysk na gorąco	480		
3	3	Brak	480		

Widok próbek po badaniach

Próbki cynkowane bez naprawianej powierzchni

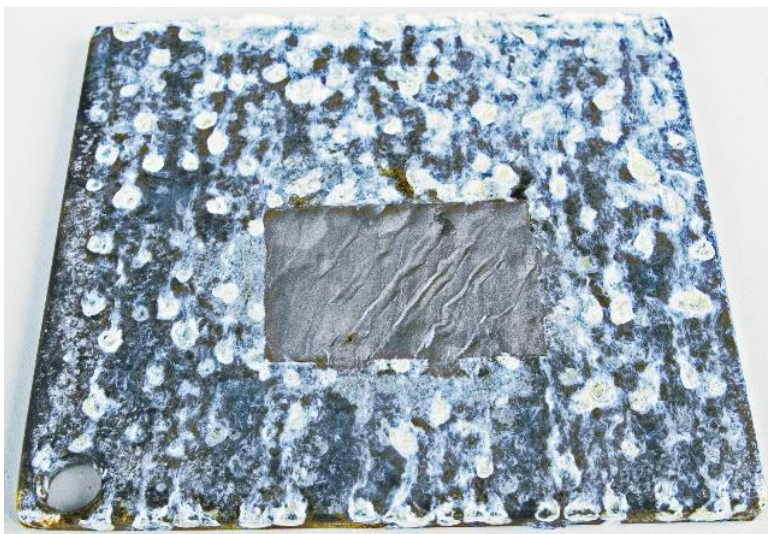


Próbki cynkowane naprawiane – natrysk na gorąco



Widok próbek po badaniach

Próbki cynkowane naprawiane – malowanie farbą cynkową



Wymagania stawiane zabezpieczeniu antykorozyjnemu konstrukcji stalowych



Zabezpieczenie podstawowe (cd./projekt)

Przed przystąpieniem do cynkowania należy wszystkie powierzchnie elementów konstrukcji oczyścić, a następnie każdy element odtłuścić w procesie trawienia. Bezpośrednio po trawieniu i płukaniu (mającym na celu usunięcie niepożądanych substancji) elementy należy niezwłocznie zabezpieczyć przed utlenieniem powierzchni w procesie topnikowania. Czas pomiędzy płukaniem (po oczyszczeniu elementów w procesie odfuszczenia / trawienia), a procesem cynkowania ogniowego nie powinien przekraczać 30 min. W przypadku cynkowania ogniowego na sucho, dopuszcza się wydłużenie czasu suszenia przed cynkowaniem po topikowaniu do 120 min. Występowanie efektu Sandelina jest niedopuszczalne na ocynkowanych elementach stalowych.

W elementach cynkowanych dopuszcza się nieocynkowanie do 0,2% całkowitej powierzchni przedmiotu cynkowanego, przy wielkości pojedynczego miejsca z defektem nie przekraczającego 2,5 cm² (nie dotyczy wewnętrznych powierzchni słupów pełnościennych i mocowania słupa do zawieszek trawersów, gdzie wielkość punktu styku nie może przekraczać 10 cm²).

Wymagania stawiane zabezpieczeniu antykorozyjnemu konstrukcji stalowych



Zabezpieczenie podstawowe (cd./projekt)

Wszystkie **miejsca niepokryte cynkiem należy** zabezpieczyć przez natryskiwanie cieplne zgodnie z PN-EN ISO 2063-1 i PN-EN ISO 2063-2 i uszczelnienie powłoki za pomocą farby albo malowanie za pomocą farby wysokocynkowej zawierającej minimum 92% pyłu cynkowego zgodnego z PN-EN ISO 3549 w suchej masie powłoki i nałożenie warstwy farby wysokocynkowej zawierającej pył aluminiowy.

W przypadku, gdy powłoka cynkowa nie spełnia wymagań w zakresie grubości (dotyczy także miejsc nieocynkowanych), grubość powłoki zabezpieczającej na obszarze, który został naprawiony, powinna wynosić co najmniej 100 μm , w każdym z mierzonych punktów. Alternatywnie dopuszcza się zabezpieczenie powierzchni nieocynkowanych 2,5 cm^2 i 10 cm^2 , o których mowa na poprzednim slajdzie, poprzez zanurzenie jednostkowe.



Wymagania stawiane zabezpieczeniu antykorozyjnemu konstrukcji stalowych

Zabezpieczenie dodatkowe

Wszystkie zabudowywane konstrukcje stalowe powinny posiadać dodatkowe zabezpieczenie antykorozyjne konstrukcji słupów z zastosowaniem systemu malarskiego dwuwarstwowego, przy czym:

- w przypadku słupów stalowych pełnościennych, poprzeczników słupów strunobetonowych wirowanych dodatkowe zabezpieczenie antykorozyjne należy nałożyć na konstrukcję w określonym czasie po cynkowaniu w cynkowni lub malarni,
- w przypadku słupów stalowych kratowych dodatkowe zabezpieczenie antykorozyjne zaleca się wykonywać, na podstawie odrębnego zlecenia ENEA Operator sp. z o.o., po upływie okresu gwarancji dla zabezpieczenia podstawowego. Przy czym w sytuacji montażu na słupach stalowych kratowych platform pod gniazda ptaków należy każdorazowo wykonać dodatkowe zabezpieczenie antykorozyjne po cynkowaniu, jak w tiret powyżej.

Wymagany kolor warstwy zewnętrznej i skład chemiczny zgodnie z paletą barw DB to 601.

! Przed przystąpieniem do prac malarskich Wykonawca będzie mógł wypożyczyć na określony czas wzorzec barwy DB 601, który będzie stanowił podstawę do odbioru malatury zewnętrznej.

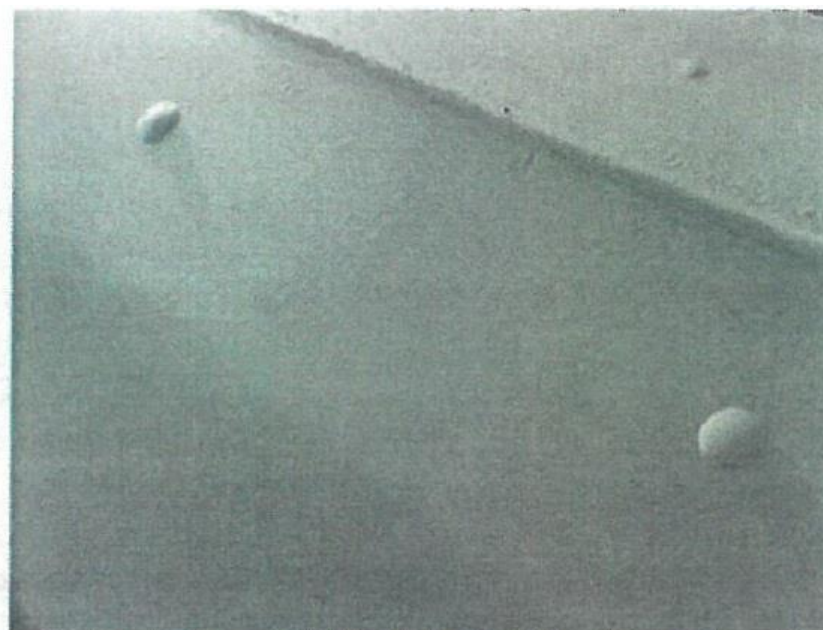
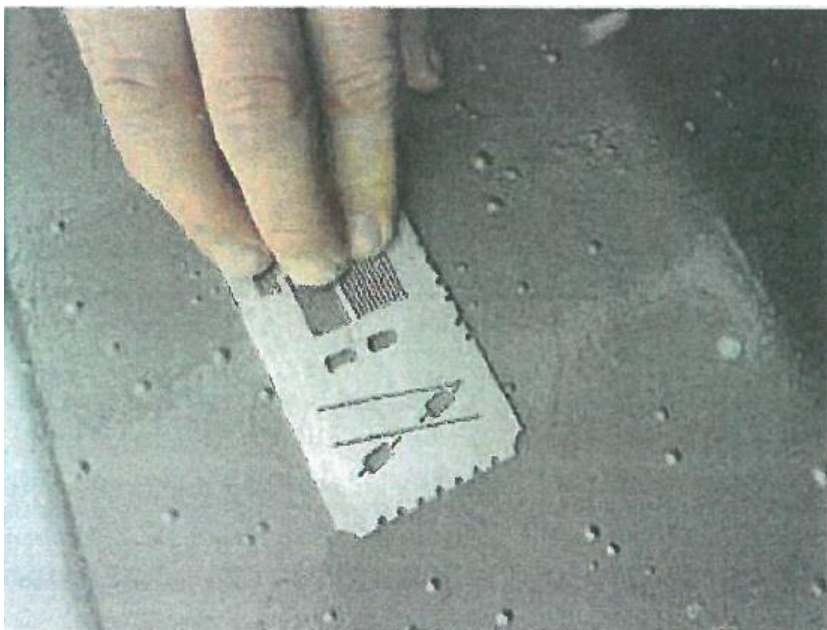
Wykonawca (przed rozpoczęciem montażu konstrukcji wsporczych) jest zobowiązany do dostarczenia ENEA Operator :

- kart charakterystyk wszystkich produktów, które będą użyte do zabezpieczenia antykorozyjnego (także substancji przeznaczonych do przygotowania powierzchni przed cynkowaniem i malowaniem),
- informacji o technologii użytej do nałożenia systemu malarskiego wraz ze wskazaniem dla tego systemu kategorii odporności korozyjnej określonej w normie PN-EN ISO 12944-2 dla zastosowanego systemu malarskiego o danej grubości powłoki,
- raporty odbioru elementów malowanych zawierający wyniki pomiaru grubości powłoki pierwszej warstwy (podkładowej) oraz układu powłok wraz z informacją o wzorcowaniu/kalibracji urządzenia pomiarowego,
- dwóch próbek ocynkowanej stali z nałożoną warstwą podkładową (format A5),
- dwóch próbek ocynkowanej stali, formatu A5, pokrytych dwuwarstwowym systemem malarskim (warstwa podkładowa i zewnętrzna),
- raport zawierający pomiar przyczepności powłoki malarskiej do podłoża metodą siatki nacięć wg PN-EN ISO 2409 – wymagana klasa przyczepności: GT 0,
- wyniku testu AASS w komorze solnej nie starszego niż 5 lat *zgodnie* z PN-EN ISO 9227, PN-EN ISO 4628-1 – wymaganie po 720h: korozja podpowłokowa ≤ 1 mm bez pęcherzy (SO), dla danego systemu malarskiego (test należy powtórzyć każdorazowo przy zmianie któregośkolwiek składnika systemu malarskiego,
- wyniku testu na szybkie starzenie zgodnie z normą PN-EN ISO 9227, PN-EN ISO 4628-1 QUV-B dla fali o długości 313 nm – wymaganie po 1000h: połysk $\geq 50\%$ lub QUV-A dla fali o długości 340 nm – wymaganie po 720h połysk $\geq 70\%$ lub po 1000 h połysk $\geq 50\%$.

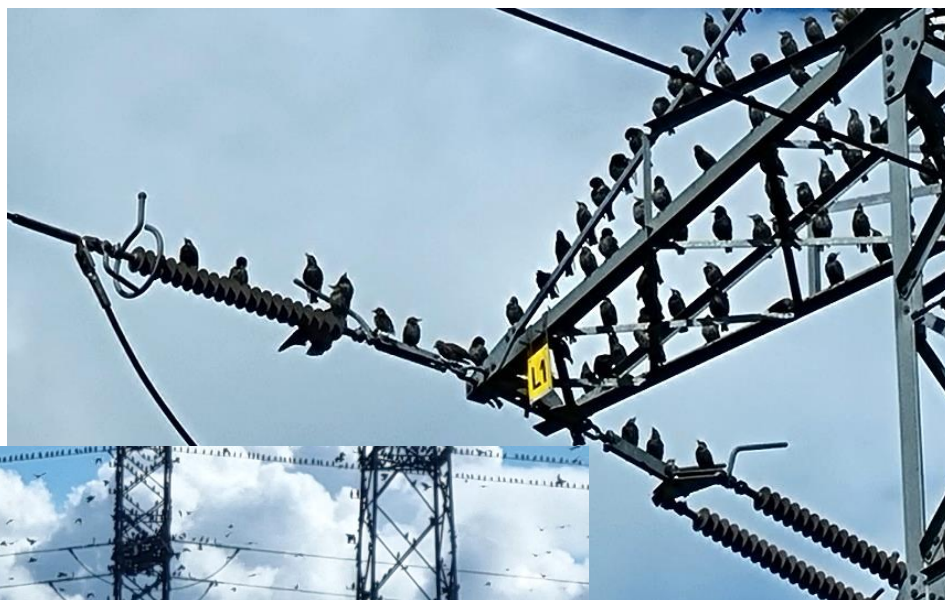
Powyższe informacje stanowiąc będą element dokumentacji powykonawczej linii 110 kV.

Niebezpieczeństwo związane ze zbyt szybkim nałożeniem malatury na powierzchnię ocynkowaną

Pęcherze powstałe na skutek zbyt szybkiego nałożenia malatury na powierzchnię ocynkowaną
(materiały otrzymane od Wykonawcy)



izolacja kompozytowa



Wymagania w zakresie izolacji kompozytowej określono przede wszystkim w oparciu o następujące regulacje:

PN-EN 61466-1 Izolatory kompozytowe wiszące do linii napowietrznych o znamionowym napięciu powyżej 1000 V – Część 1: Znormalizowane elementy złączy w okuciach i klasy wytrzymałości.

PN-EN 61466-2 Izolatory kompozytowe wiszące do linii napowietrznych o znamionowym napięciu powyżej 1000 V -Część 2: Wymiary i właściwości elektryczne.

PN-EN 61109 Izolatory do linii napowietrznych. Kompozytowe izolatory wiszące do sieci prądu przemiennego o znamionowym napięciu powyżej 1000 V. Definicje, metody badań i kryteria oceny.

PN-EN 62217 Wnętrzowe i napowietrzne izolatory polimerowe na znamionowe napięcie powyżej 1000 V. Ogólne definicje, metody badań i kryteria oceny wyników.

Izolatory kompozytowe do linii średnich napięć i 110 kV. Zalecane właściwości i badania oraz wytyczne doboru (Jacek Wańkowicz, Jerzy Bielecki, PTPIREE 2012 r.).



Podstawowe wymagania Standardu dotyczące izolacji:

- Przy budowie nowych, przebudowie i remoncie istniejących linii napowietrznych 110 kV należy stosować izolatory długopniowe kompozytowe.
- W uzasadnionych przypadkach w ramach przebudowy i remontu linii napowietrznych 110 kV dopuszcza się zastosowanie izolacji ceramicznej, w uzgodnieniu z ENEA Operator sp. z o.o.
- Dobrać łańcuchy izolatorów by spełniały wymagane poziomy napięć:
 - napięcie znamionowe - 110 kV,
 - napięcie probiercze udarowe - 550 kV,
 - napięcie probiercze 50 Hz (na mokro) - 230 kV,
- Dobrać minimalną znamionową drogę upływu do strefy zabrudzeniowej,
- Stosować w łańcuchach izolatorowych osprzęt łukookochronny.



Izolatory kompozytowe - Wymagania Standardu

Wymagania stawione izolatorom kompozytowym:

- minimalna wytrzymałość na rozciąganie (SML) - 120 kN,
- minimalne obciążenie probiercze (RTL) - 80 kN,
- znamionowe napięcie probiercze udarowe piorunowe - 550 kV,
- znamionowe napięcie przemienne wytrzymywane na mokro - 230 kV,
- typ okucia: gniazdowe (dla linii przebudowywanych, remontowanych dopuszcza się okucia widlaste z uchem płaskim - wg indywidualnych potrzeb i wymagań ENEA Operator sp. z o.o.),
- ochrona antykorozyjna okuć wykonana metodą cynkowania zanurzeniowego (ogniowego), minimalna średnia grubość powłoki cynkowej zgodna z PN-EN ISO 1461,
- materiał izolatora – rdzeń:
składniki rdzenia - żywica epoksydowa, włókna szklane - szkło typu ECR.
- materiał izolatora – osłona i klosze:

Izolatory kompozytowe - Wymagania Standardu



Typ materiału - guma silikonowa koloru niebieskiego lub szarego typu HCR (HTV) - jednoskładnikowy elastomer silikonowy wysokiej gęstości wulkanizowany w wysokiej temperaturze

- średnia gęstość $> 1,20 \text{ g/cm}^3$ (HTV),
- średnia gęstość $> 1,07 \text{ g/cm}^3$ (LSR), (dopuszcza się LSR - dwuskładnikowy elastomer silikonowy wulkanizowany w podwyższonej temperaturze - wg indywidualnych potrzeb i wymagań):
- twardość Shore A > 35 ,
- mechaniczna wytrzymałość na rozciąganie $\geq 5 \text{ MPa}$,
- wydłużenie względne $> 200 \%$,
- wytrzymałość na przedarcie $> 15 \text{ N/mm}$.

Grubość powłoki silikonowej na rdzeniu - min. 3 mm.

Technologia wykonania - osłona i klosze z tych samych materiałów i wytwarzane tą samą metodą.

Osłona izolatora wykonana w postaci bezszwowej z nałożonymi kloszami segmentowymi lub jako jedna całość.

Nie dopuszcza się szwu na kloszach, ani na osłonie.

Połączenie wiązaniami chemicznymi granicznych powierzchni makroskopowych typu rdzeń-osłona lub klosz-osłona, nie dopuszcza się klejenia.

Trwałe oznakowanie: producent, numer serii, rok i typ. W numerze serii powinna być zawarta identyfikacja zakładu produkcyjnego.

Izolator kompozytowy 110 kV zanieczyszczony ptasimi odchodami

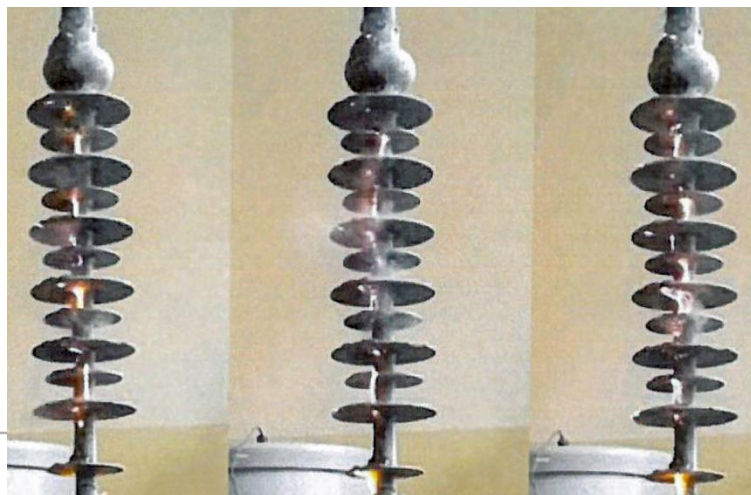


Zanieczyszczenia izolatorów znajdują się zarówno na górnej powierzchni izolatorów, jak i także na rdzeniu, co świadczy, o tym, że do zanieczyszczenia dochodziło podczas lądowania ptaków nad izolatorem przy dynamicznym ruchu poziomym. Przedstawione zanieczyszczenia sprawiają, że znacząco ogranicza się droga upływu po powierzchni izolatora, szczególnie gdy zanieczyszczenie jest wilgotne. Depozyt ptasich odchodów na rdzeniu jest szczególnie trudny lub niemożliwy do usunięcia przez opady atmosferyczne.

Próba wysokonapięciowa przeprowadzona w oparciu o PN-EN 60060-1 wykazała, że **czyste izolatory nie zabrudzone przez odchody ptaków spełniają wymagania normy**. Zarówno w przypadku przeprowadzenia próby przy napięciu znamionowym (63,5 kV) w czasie 30 min., a następnie napięciem podwyższonym (100kV) przez czas 15 min. nie doszło do wyładowania i nie stwierdzono na powierzchni izolatorów żadnych negatywnych zjawisk.

Izolatory zabrudzone ptasimi odchodami w wilgotnym środowisku niestety nie spełniają minimalnych wymagań izolacyjnych. W miejscach zabrudzenia wyładowania powierzchniowe zaczęły pojawiać się przy wartości 63% napięcia znamionowego, zarówno pod kloszami, jak i na rdzeniu. Przy wartości 65 kV nabierały cech wyładowań łukowych, natomiast przy wartości 75 kV cała długość izolatora była zwarta poprzez wyładowania łukowe. Przy napięciu 80 kV doszło do przebicia izolatora w miejscu uszkodzonego przez ptaki rdzenia i wyładowanie rozwijało się dalej wewnątrz izolatora.

Wyładowanie łukowe, które rozwinęły się pomiędzy warstwami zanieczyszczeń



Uszkodzenia kloszy i rdzenia izolatorów zdjętych z linii 110 kV



Kauczuk silikonowy wydziobany przez ptaki z izolatorów 110 kV charakteryzuje się:

- wydłużeniem względnym na poziomie nie przekraczającym 250 %,
- gęstością nie przekraczającą wartości 1,11 g/cm³,
- twardością Shore'a w skali A od 43,25 do 46,45.

Na podstawie uzyskanych wyników badań próbki referencyjnej zasadnym wydaje się zaktualizowanie dotychczasowych wymagań zdefiniowanych w Standardzie zatytułowanym „Elektroenergetyczne linie napowietrzne i kablowe 110 kV” w zakresie parametrów materiału, z którego wykonane są klosze i osłona izolacyjna rdzenia izolatorów 110 kV.

W celu zapobiegnięcia wydziobywaniu kauczuku, proponujemy odejście od możliwości zabudowy izolatorów kompozytowych, w których dopuszcza się użycie kauczuku silikonowego innego niż HTV.

Wprowadzenie zmian, zarówno w zakresie wskazanych parametrów, jak i dopuszczenie do stosowania tylko i wyłącznie kauczuku silikonowego wulkanizowanego w wysokiej temperaturze i wtryskiwanego pod wysokim ciśnieniem (HTV), powinno uniemożliwić ptakom wydziobywanie kauczuku silikonowego z izolatorów.

Wymagania stawiane izolacji kompozytowej

– potrzeba uszczegółowienia wymagań (projekt)



Weryfikacja przedmiotów materialnych przeprowadzana przez ENEA Operator sp. z o.o. w oparciu o zapisy Standardu pozwala zmniejszać ryzyko / eliminować możliwość wprowadzenia do użytkowania wyrobu niepełnowartościowego.

Dalsze prace związane z zapisami Standardu prowadzone są w oparciu o doświadczenia eksploatacyjne i dialogi techniczne wewnątrz oraz na zewnątrz spółki pozwalają kierunkować zapisy Standardu w zakresie wartości istotnych parametrów związanych z zabezpieczeniem antykorozyjnym i stosowaną izolacją kompozytową, w efekcie pozwalając wydłużyć okres bezawaryjnej pracy linii napowietrznej 110 kV.

Zaleca się, aby Wykonawca przeprowadzał walidację wyrobów na zgodność z postanowieniami Standardu.

Wymagania stawiane izolacji kompozytowej

– potrzeba uszczegółowienia wymagań (projekt) cd



Materiał izolatora – osłona i klosze: Typ materiału - guma silikonowa koloru niebieskiego lub szarego typu HCR (HTV) - jednoskładnikowy elastomer silikonowy wysokiej gęstości wulkanizowany w wysokiej temperaturze:

- średnia gęstość > 1,45 g/cm³,
- twardość Shore A > 50,
- mechaniczna wytrzymałość na rozciąganie $\geq 4,5$ MPa,
- wydłużenie względne > 200%,
- wytrzymałość na rozdarcie > 15 N/mm.

Grubość powłoki silikonowej na rdzeniu - min. 3 mm.

Należy stosować izolatory z równomiernymi odstępami pomiędzy kloszami na całej długości izolatora.

Technologia wykonania - osłona i klosze z tych samych materiałów i wytwarzane tą samą metodą. Osłona izolatora wykonana w postaci bezszwowej z nałożonymi kloszami segmentowymi lub jako jedna całość. Maksymalna wysokość wypłytki na powierzchni osłony, w miejscu linii podziału formy (szwie), nie może być wyższa niż 1 mm zgodnie z PN-EN 61109 .



Q & A

Standardy w sieci dystrybucyjnej ENEA Operator Sp. z o.o.
- wspólna myśl techniczna

lukasz.piasek@operator.enea.pl
rada.techniczna.eop@operator.enea.pl