

Cynkowanie

Części złączne z powłokami elektrolitycznymi według ISO 4042:2018

Cynkowanie – chromianowanie. Cynkowanie z następującym po nim chromianowaniem konwersyjnym okazało się bardzo skuteczne w przypadku elementów złącznych, zapewniając zarówno dobrą ochronę korozyjną jak i estetyczny wygląd. Oferujemy w tym zakresie bardzo szeroki asortyment magazynowy.

Obróbka dodatkowa przez chromianowanie lub pasywację.

Stanowi proces tworzenia powłoki chromianowej lub pasywnej przez obróbkę w roztworze, zawierającym sześciowartościowe (chromianowanie) lub trójwartościowe (pasywacja) związki chromu. Ta obróbka jest wykonywana bezpośrednio po cynkowaniu przez krótkotrwałe zanurzenie w roztworze kwasu chromowego. Proces chromianowania lub pasywacji polepsza ochronę antykorozyjną oraz zapobiega matowieniu i przebarwianiu powłoki cynku. Działanie ochronne powłoki chromianowej jest zróżnicowane w zależności od typu pasywacji (patrz tabela!). W celu poprawy ochrony antykorozyjnej jest możliwe zastosowanie dodatkowego uszczelnienia lub warstwy wierzchniej.

Rozwój procesów z powłokami niezawierającymi chromu (VI)

o takim samym lub podobnym działaniu ochronnym był spowodowany wymogami ochrony środowiska na podstawie dyrektyw UE 2000/53/WE (ELV) i 2002/95/WE (RoHS) lub 2011/65/UE (RoHS 2). W przeszłości do ochrony antykorozyjnej elementów łączących stosowano galwaniczne powłoki cynkowe z chromianowaniem na bazie chromu (VI). Obecnie stosowanie Cr(VI) jest w dużym stopniu ograniczone. Dlatego zaleca się stosowanie wyłącznie powłok konwersyjnych bez zawartości Cr(VI) (pasywacja) dla nowych zastosowań.

Obróbka powierzchni przy użyciu systemów bez zawartości chromu (VI) (pasywacja) wymaga standardowo bardziej złożonego zarządzania procesem, ponieważ «efekt samouzdrawiania» ma miejsce w mniejszym zakresie. Obróbka materiałów sypkich, zautomatyzowane procesy takie jak podawanie i/lub sortowanie, magazynowanie i transport mogą – w zależności od systemu powłok oraz rodzaju i geometrii elementów łączących – prowadzić do ograniczenia ochrony antykorozyjnej (w szczególności ochrony przed korozją powłoki).

Wartości orientacyjne dotyczące odporności na korozję zwykłych, galwanicznych powłok cynkowych zgodnie z normą ISO 4042:2018

Neutralne badanie odporności na działanie wody morskiej i słonej mgły (NSS, angielski: Neutral Salt Spray test) zgodnie z normą ISO 9227 jest stosowane do oceny odporności na korozję systemu powłok.

Zgodnie z normą ISO 4042:2018 powleczony stan jest definiowany jako stan po zakończeniu wszystkich etapów powlekania (w tym nanoszenia pasywacji, uszczelniania, warstwy wierzchniej), bez wystąpienia pogorszenia przez inne czynniki, takie jak sortowanie, pakowanie, montowanie, transportowanie lub przechowywanie.

Systemy powłok na bazie cynku	Bez Cr (VI)	Typowy wygląd	Oznaczenie systemu powlekania zgodnie z normą ISO 4042:2018	Nominalna grubość powłoki µm	Minimalny czas trwania badania odporności na działanie wody morskiej i słonej mgły w przypadku powlekania bębna ^{3,4)}	
					Biała rdza, godziny (h)	Czerwona rdza, godziny (h)
Zn, przezroczysty / niebieski pasywowany	tak	przezroczysty bezbarwny do niebieskiego (standard)	ISO 4042/Zn5/An/T0	5	8	48
			ISO 4042/Zn8/An/T0	8	8	72
Zn, pasywacja grubowarstwowa	tak	iryzujący (niebieskawy, żółtawy, srebrny, zielonkawy)	ISO 4042/Zn5/Cr/T0	5	72	120
			ISO 4042/Zn8/Cr/T0	8	72	192
Zn, pasywacja grubowarstwowa, uszczelniona	tak	iryzujący	ISO 4042/Zn5/Cr/T2	5	120	168
			ISO 4042/Zn8/Cr/T2	8	120	240
Zn, czarna, chromianowana ¹⁾	nie	brązowo-czarny do czarnego (dekoracyjny)	ISO 4042/Zn5/F/T0	5	12 ²⁾	–
			ISO 4042/Zn8/F/T0	8	24 ²⁾	72
ZnNi, iryzująca, pasywowana	tak	iryzujący niebieskawo-srebrnoszary	ISO 4042/ZnNi5/Cr/T0	5	120	480
			ISO 4042/ZnNi8/Cr/T0	8	120	720

¹⁾ W wyniku obróbki w bębnach obrotowych, na krawędziach elementów złącznych i na brzegach wgłębień krzyżowych praktycznie zawsze dochodzi do ścierania czarnej warstwy chromianowej. W efekcie w tych miejscach widoczna staje się leżąca pod spodem jasna warstwa cynku.

²⁾ Niewielka grubość warstwy ogranicza odporność powłoki chromianowej.

³⁾ Dzięki procesowi stojakowemu zmniejsza się oddziaływanie ewentualnego uszkodzenia powłoki, a tym samym można uzyskać zwiększoną odporność na korozję.

⁴⁾ Przy niewielkich wymiarach gwintu podane wartości mogą ze względu na ograniczoną grubość warstwy cynkowej ulec obniżeniu (niewystarczający luz na średnicy podziałowej gwintu, by dostosować się do wymaganej grubości warstwy). Patrz także górna granica grubości warstwy dla gwintów metrycznych ISO.

! Zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia kruchości wodorowej (ISO 4042)

Istnieje ryzyko wystąpienia zjawiska kruchości wodorowej w przypadku gotowych elementów złącznych z powłokami elektrolitycznymi, które są poddawane naprężeniom rozciągającym i które są wykonane ze stali o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie i twardości do ≥ 360 HV.

Obróbka cieplna (proces wygrzewania) części złącznych, np. po wytrawieniu kwasem (proces czyszczenia) lub po nałożeniu powłoki metalowej, zmniejsza ryzyko pęknięcia. Nie można zapewnić całkowitej likwidacji kruchości wodorowej. Jeśli jest wymagane zmniejszenie ryzyka wystąpienia kruchości wodorowej, zaleca się zastosowanie alternatywnych procedur.

Dlatego dla części decydujących o bezpieczeństwie wybrać należy alternatywne metody ochrony przed korozją lub sposoby nakładania powłok, np. nieorganiczne powłoki cynkowe, cynkowanie mechaniczne lub przejście na stałe nierdzewne i kwasoodporne.

Elementy łączące o twardości ≥ 360 HV są wykonywane, tam gdzie jest to możliwe technicznie, z cynkową powłoką nieorganiczną lub ocynkowaniem mechanicznym. Użytkownik takich elementów złącznych powinien znać cel ich zastosowania i stawiane im wymagania oraz musi wyszczególnić odpowiednią obróbkę powierzchniową!

Górna granica grubości warstw dla gwintów metrycznych ISO

według ISO 4042:2018

Podziałka gwintu P	Nominalna średnica gwintu ¹⁾ d1	Wewnętrzny gwint				Zewnętrzny gwint			
		Polożenie pola tolerancji G		Polożenie pola tolerancji g		Polożenie pola tolerancji f		Polożenie pola tolerancji e	
		Odchylenie podstawowe	Grubość powłoki max. ²⁾	Odchylenie podstawowe	Grubość powłoki max. ²⁾	Odchylenie podstawowe	Grubość powłoki max. ²⁾	Odchylenie podstawowe	Grubość powłoki max. ²⁾
[mm]	[mm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]
0,35	1,6	+19	4	-19	4	-34	8	-	-
0,4	2	+19	4	-19	4	-34	8	-	-
0,45	2,5	+20	5	-20	5	-35	8	-	-
0,5	3	+20	5	-20	5	-36	9	-50	12
0,6	3,5	+21	5	-21	5	-36	9	-53	13
0,7	4	+22	5	-22	5	-38	9	-56	14
0,8	5	+24	6	-24	5	-38	9	-60	15
1	6	+26	6	-26	5	-40	10	-60	15
1,25	8	+28	7	-28	5	-42	10	-63	15
1,5	10	+32	8	-32	8	-45	11	-67	16
1,75	12	+34	8	-34	8	-48	12	-71	17
2	16 (14)	+38	9	-38	8	-52	13	-71	17
2,5	20 (18; 22)	+42	10	-42	10	-58	14	-80	20
3	24 (27)	+48	12	-48	12	-63	15	-85	21
3,5	30 (33)	+53	13	-53	12	-70	17	-90	22
4	36 (39)	+60	15	-60	15	-75	18	-95	23
4,5	42 (45)	+63	15	-63	15	-80	20	-100	25
5	48 (52)	+71	15	-71	15	-85	21	-106	26
5,5	56 (60)	+75	16	-75	15	-90	22	-112	28
6	64	+80	20	-80	20	-95	23	-118	29

¹⁾ Informację o gwintach zwykłych podano tylko dla wygody. Grubość powłoki zależy od podziałki gwintu..

²⁾ Teoretyczny minimalny luz i przynależna maksymalna grubość warstwy. Patrz punkty pomiarowe/obszary odniesienia dla określenia grubości warstwy.

Jeśli zamawiający nie określi żadnej grubości powłoki, wówczas obowiązuje minimalna grubość (między 3 μm i 5 μm w zależności od wielkości gwintu), która jest jednocześnie grubością powłoki przyjętą w handlu.

Przy długich i cienkich częściach gwintowanych ($\leq M4$) mogą wystąpić trudności przy dokręcaniu gwintów, ze względu na nierównomierne rozłożenie grubości powłoki. Zwiększenie grubości warstwy na krawędziach zewnętrznych i na zewnętrznych końcach długich części.

Standardowo śruby z $l > 5d$ mogą mieć lokalną grubość warstwy na połowie długości wynoszącą tylko jedną trzecią do połowy, w porównaniu z lokalną grubością warstwy na powierzchniach odniesienia. Ustalenie grubszych warstw (uzyskanie dla ochrony antykorozyjnej wystarczającej grubości warstwy na połowie długości długiej śruby, standardowo 10d do 15d) może prowadzić do nadmiernego powlekania na końcach gwintu i w ten sposób pogorszyć możliwość łączenia śrubami i / lub zgodność z wzorcem.

A odwrotnie: ustalenie cieńszych warstw umożliwia bezproblemowe uchwycenie gwintu, lecz może prowadzić do zbyt cienkiej grubości warstwy w połowie długości.

Alternatywne rozwiązania: nikirowanie chemiczne lub przejście na austeniczne stałe nierdzewne A2 i kwasoodporne A4.

i Gwinty zewnętrzne są zwykle wykonywane w polu tolerancji 6g.

Tolerancje e oraz f nie są powszechne i wymagają specjalnych metod wytwarzania śrub. Minimalne ilości, dłuższe okresy dostaw i wyższe ceny mogą spowodować ich ekonomiczną niedostępność. Alternatywą jest stosowanie części wykonanych ze stali nierdzewnej A2. Gwinty wewnętrzne mają cieńszą powłokę ze względu na ograniczenia techniczne. Jednakże nie ma to znaczenia w praktycznym stosowaniu, ponieważ po zamontowaniu są chronione przez warstwę gwintu zewnętrznego śruby.

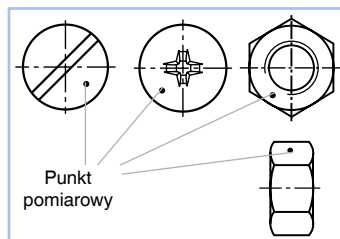
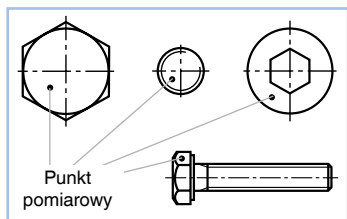
i Grubość powłoki na przykładzie śruby M10

Cynk	5 μm
Pasywowanie (standard)	0,05–0,1 μm
Pasywowanie grubowarstwowe	0,2–0,5 μm
Powlekanie uszczelniającą warstwą ochronną	0,5–1,5 μm

Możliwe tolerancje dla powłok powierzchniowych ISO 10684 (cynkowanie ogniowe)

Produkt	Gwint	Tolerancja	Przykłady znakowania Iba
Gwint śruby	podcięty	6 az	8.8 U
Gwint nakrętki	nadcięty	6 AZ	8 Z

Punkty pomiarowe/obszary odniesienia dla określenia grubości warstwy



Inne metody nakładania powłok elektrolitycznych

Metoda	Opis
Niklowanie	Galwaniczne powłoki niklowe są odporne na korozję i mają estetyczny wygląd. Są bardzo twarde i dlatego znajdują zastosowanie przy produkcji aparatury elektrycznej oraz urządzeń telekomunikacyjnych. Szczególnie w przypadku śrub nie występuje ścieranie powłoki niklowej. Części metalowe pokryte niklem nie nadają się do pracy na zewnątrz. Poprawę odporności na korozję osiąga się poprzez impregnowanie – patrz poniższa tabela.
Chromowanie	Stosuje się najczęściej po niklowaniu. Osiąga się powłoki o grubości około 0,5–1,0 µm. Chrom nadaje estetyczny wygląd, zwiększa odporność na matowienie korozyjne poniklowanych części oraz służy również jako ochrona przed korozją. Powłoki chromowe wyblyszczane: wysoki połysk. Powłoki chromowe matowane: matowy połysk (jedwabisty połysk). Nie jest możliwe chromowanie w bębnach obrotowych. Tworzy twardą powierzchnię o dobrej odporności na ścieranie i o dobrych właściwościach ślizgowych.
Mosiądzowanie	Powłoki z mosiądzu stosowane są zasadniczo w celach dekoracyjnych. Poza tym mosiądzowanie części stalowych stosowane jest w celu poprawy przyczepności gumy do stali.
Miedziowanie	W razie potrzeby jako podkład adhezyjny przed niklowaniem, chromowaniem lub srebrzeniem. Jako powłoki wierzchnie stosowane są w celach dekoracyjnych.
Srebrzenie	Powłoki ze srebra stosowane są w celach dekoracyjnych i technicznych.
Cynowanie	Cynowanie stosowane jest zasadniczo dla osiągnięcia lub poprawy lutowalności (lut miękkiej). Jednocześnie powłoki cynowe dają odporność na korozję. Niemożliwa jest końcowa obróbka cieplna.
Utlenianie anodowe	W wyniku anodowania aluminium chronione jest przez warstwę tlenku. Ta przezroczysta powłoka daje odporność na korozję i zapobiega powstawaniu plam. Do celów dekoracyjnych można uzyskać praktycznie wszystkie kolory w kolejnych procesach barwienia.
Powłoka cynk/żelazo	Jest to proces powlekania galwanicznego, które z wykorzystaniem elektrolitu, wytrąca stop cynku żelaza na powierzchni metalicznej. Powłoka jest wolna od Cr(VI) w pasywacji czarnej i czarnym uszczelniaczem. Stosowany jest głównie jako czarna powłoka kosmetyczna.
Powłoka cynk/nikiel	Powłoki cynkowo-niklowe mają około 12–16% udziału niklu podczas galwanizacji. Możliwe jest wykonanie powłoki przezroczystej lub w czarnej pasywacji oraz zoptymalizowanie przez uszczelnienie. Powłokę tę stosuje się głównie ze względu na dobrą ochronę antykorozyjną.

Pozostałe metody obróbki powierzchniowej

Metoda	Opis
Cynkowanie ogniowe	Odtuszczone części zanurza się w kąpeli z roztopionym cynkiem, której temperatura wynosi od 440 °C do 470 °C. Grubość powłoki wynosi minimum 40 µm. Powierzchnia powłoki jest matowa i szorstka, po względnie krótkim czasie mogą pojawić się plamy. Bardzo dobra odporność na korozję. Zastosowanie przy detalach z gwintem ≥ M8. Dla zapewnienia poprawnej współpracy ruchowej gwintów śrub i nakrętek należy wykonać odpowiednią wstępną lub dodatkową obróbkę wiórową (nacinanie gwintu nakrętki). Niedopuszczalne jest dodatkowe nacinanie lub walcowanie gwintu w śrubach już ocynkowanych.
Ocynk płytkowy Geomet® Delta-Tone®/Delta-Protekt®	Powłoki w technologii płatków cynku zapewniają doskonałą odporność na korozję i nadają się do elementów o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie i/lub twardości ≥ 360 HV. Ta metoda nakładania powłok całkowicie eliminuje kruchość wodorową. Odporność termiczna do około 300 °C. Zastosowanie przy detalach z gwintem ≥ M4.
Cynkowanie mechaniczne	Chemiczno-mechaniczny proces nakładania powłok. W obrotowych bębnoch umieszcza się odtuszczone detale razem ze specjalną mieszaniną szklanych kulek i proszku cynkowego. Szklane kulki służą jako nośniki ziaren proszku cynkowego, przenosząc je na powierzchnię metalu obrabianego. Proszek cynkowy wbijany jest w metal, a dzięki obecności substancji chemicznych powstała powłoka zgrzewana jest na zimno z materiałem podłoża.
Czernienie stali nierdzewnych	Metoda chemiczna w gorącym roztworze wodorotlenku. Do celów dekoracyjnych.
Oksydowanie (czernienie chemiczne)	Metoda chemiczna. Temperatura kąpeli około 140 °C. Części oksydowane mają niewielką odporność na korozję, dlatego bezpośrednio po oksydowaniu należy je dodatkowo naoliwić. Do celów dekoracyjnych tylko tymczasowe zabezpieczenie antykorozyjne.
Fosforowanie (bonderyzacja, parkeryzacja, atramentyzacja)	Powłoki fosforanowe wykazują słabą odporność na korozję. Mają kolor szary aż po szaroczarny i stanowią dobre podłoże pod powłoki lakiernicze. Fosforanowa ochrona antykorozyjna jest bardzo mało skuteczna, jeśli detale nie zostaną dodatkowo naoliwione.
Impregnowanie / uszczelnienie wodoodporne	Przed wszystkim przy częściach niklowanych dodatkowa obróbka zanurzeniowa w płynnym odwadniaczu z dodatkiem wosku powoduje zamknięcie mikroporów przez wosk, zwiększając odporność na korozję powierzchniowej powłoki niklowej. Warstewka wosku jest sucha i niewidoczna.
Proces wygrzewania	W przypadku galwanicznie uszlachetnionych elementów łączących ze stali o wyższej wytrzymałości na rozciąganie lub twardości odpowiadającej ≥ 360 HV, które znajdują się pod naprężeniem rozciągającym, istnieje ryzyko wystąpienia zjawiska kruchości wodorowej. W wyniku procesu wygrzewania w zakresie temperatur od 180 °C do 230 °C (poniżej temperatury odpuszczania), możliwe jest częściowe usunięcie wodoru ze stali. Według aktualnego stanu techniki proces wygrzewania nie zapewnia całkowitej likwidacji kruchości wodorowej. Zaleca się rozpoczęcie procesu wygrzewania bezpośrednio po zakończeniu powlekania elektrolitycznego.
Powlekanie uszczelniającą warstwą ochronną	Uszczelniacz jest nakładany na element metodą zanurzeniową po cynkowaniu galwanicznym i pasywacji. Powlekanie uszczelniaczem zwiększa odporność na korozję.
Powłoki trybologiczne suche ¹⁾	Powłoki tego typu zmniejszają tarcie i hamują zużycie materiału. Ochrona przed nadmiernym tarciem, powodującym wżery korozyjne.
Woskowanie	Powłoka poślizgowa zmniejszająca moment wkręcający przy śrubach samoformujących gwint.
WIROX®	Jest powłoką galwaniczną cynkową o średniej grubości co najmniej 8 µm. Ochrona przed korozją jest ponad 20-krotnie wyższa w porównaniu ze zwykłym ocynkiem. Powłoka jest odporna na ścieranie, obciążenia mechaniczne i charakteryzuje się wyjątkowo dużą odpornością na korozję.
YELLOX®	Jest powłoką galwaniczną cynkową o średniej grubości co najmniej 4 µm. Ochrona przed korozją jest ponad 6-krotnie wyższa w porównaniu ze zwykłym ocynkiem. W przyszłości gwarantują żółtawy wygląd aplikacji śrubowych.
GreenTec®	Jest powłoką galwaniczną o grubości około 5 µm, na bazie cynku i niklu, twarda, odporna na ścieranie o bardzo wysokiej odporności antykorozyjnej.

¹⁾ Na przykład **CresaCoat®**

Sucha powłoka smarna **CresaCoat®** jest tribotechniczną, nanoszoną nieelektrolitycznie, cienkowieściową powłoką o zintegrowanych własnościach smarnej i dodatkowej ochronie antykorozyjnej. Powłoka składa się ze kompozytu fluoropolimerów i organicznych submikroskopijnych cząstek stałych, które są rozproszone w dokładnie dobranych mieszaninach żywic syntetycznych i rozpuszczalnikach. Powłoka poślizgowa AFC tworzy gładką warstwę, która wyrównuje wszystkie nierówności powierzchni i w ten sposób optymalizuje tarcie przy nadmiernych obciążeniach i w warunkach roboczych. Z kolei żywica syntetyczna zapewnia lepszą ochronę antykorozyjną.

Decyzja dotycząca tego, które systemy powłok stanowią najlepszą możliwą opcję powinna być oparta na rozważaniach technicznych i ekonomicznych w zależności od konkretnego zastosowania i zamierzonego celu działania.