

Galvanický proces

Spojovací díly s galvanickými povlaky podle ISO 4042:2018 Galvanické pokovení – pasivace. Galvanické pokovení s následnou pasivací je postup, který se z hlediska vzhledu a odolnosti proti korozi velmi dobře osvědčil. Z našeho skladu můžeme nabídnout s touto povrchovou úpravou široký sortiment.

Dodatečná úprava – chromátování, resp. pasivace. Jedná se o proces, při kterém se pomocí roztoku vytvoří chromátový a/nebo pasivační povlak, obsahující složku šestimocného chromu (chromátování) nebo složku třímocného chromu (pasivace). Tato dodatečná úprava se provádí bezprostředně po galvanickém zinkování krátkým ponořením do roztoků kyseliny chromové. Proces chromátování nebo pasivace zvyšuje korozní odolnost a zamezuje znečištění a zbarvování zinkové vrstvy. Ochranný účinek chromátové vrstvy se liší podle různých typů procesu (viz tabulka). Pro zvýšení ochrany proti korozi lze nanést další utěšovací nebo krycí vrstvu.

Vývoj procesů povlakování bez šestimocného chromu se stejným nebo podobným ochranným účinkem jsou na základě EU směrnice 2000/53/ES (ELV) a 2002/95/EG (RoHS), resp. 2011/65/EU (RoHS 2) pro ochranu životního prostředí. Pro antikorozi ochranu spojovacích prvků se dříve běžně používaly galvanické zinkové povlaky s chromátováním na bázi šestimocného chromu. Dnes je používání šestimocného chromu do značné míry omezeno. Proto se doporučuje pro nové aplikace používat výhradně konverzní vrstvy (pasivace) bez obsahu Cr(VI).

Ošetření povrchů s použitím systémů bez šestimocného chromu (pasivace) vyžaduje zpravidla nákladnější proces, protože zde «samohojivý efekt» nastává v menším rozsahu. Manipulace s velkými dávkami součástí, automatické procesy, jako je podávání či třídění, skladování a přeprava mohou v závislosti na povlakovém systému a na typu a geometrii spojovacích prvků způsobit snížení antikorozi ochrany (zejména ochrany proti korozi povlaku).

Orientační hodnoty odolnosti běžných galvanických zinkových povlaků vůči korozi podle ISO 4042:2018

Neutrální zkouška v solné mlze (NSS, anglicky: Neutral Salt Spray test) podle ISO 9227 se používá k hodnocení odolnosti povlakového systému vůči korozi.

Podle normy ISO 4042:2018 je stav s ochranným povlakem definován jako stav po ukončení všech kroků povlakování (včetně nanášení pasivační vrstvy, utěsnění, krycí vrstvy), aniž by došlo k narušení jinými faktory, jako je třídění, balení, montáž, přeprava či skladování.

Povlakové zinkové systémy	Bez obsahu Cr(VI)	Typický vzhled	Označení povlaku podle ISO 4042:2018	Jmenovitá tloušťka vrstvy μm	Minimální doba trvání zkoušky v solné mlze při bubnovém nanášení povlaku ³⁾⁴⁾	
					bílá koroze v hod. (h)	červená koroze v hod. (h)
Zn, transparentní/modrá pasivace	ano	transparentní bezbarvá až namodralá (standard)	ISO 4042/Zn5/An/T0 ISO 4042/Zn8/An/T0	5	8	48
				8	8	72
Zn, silnovrstvá pasivace	ano	irizující (namodralá, nažloutlá, stříbrná, nazelenalá)	ISO 4042/Zn5/Cn/T0 ISO 4042/Zn8/Cn/T0	5	72	120
				8	72	192
Zn, silnovrstvá pasivace, utěsnění povrchu	ano	irizující	ISO 4042/Zn5/Cn/T2 ISO 4042/Zn8/Cn/T2	5	120	168
				8	120	240
Zn, černý chromát ¹⁾	ne	hnědočerná až černá (dekorativní)	ISO 4042/Zn5/F/T0 ISO 4042/Zn8/F/T0	5	12 ²⁾	–
				8	24 ²⁾	72
ZnNi, irizující pasivace	ano	irizující namodralá-stříbrošedá	ISO 4042/ZnNi5/Cn/T0 ISO 4042/ZnNi8/Cn/T0	5	120	480
				8	120	720

¹⁾ Na hranách, na okrajích křížové drážky atd. je vzhledem k bubnové metodě prakticky vždy třeba počítat s oděrem černé chromátové vrstvy a místním prosvětáním spodní světlé zinkové vrstvy.

²⁾ Malá tloušťka vrstvy snižuje odolnost chromátovaného povlaku.

³⁾ Při závěsovém pokovování se snižuje účinek možného poškození povlaku, a lze tak docílit lepší odolnosti proti korozi.

⁴⁾ U malých závitů mohou být uvedené hodnoty vlivem zmenšené tloušťky zinkové vrstvy o něco nižší (střední průměr závitů neumožňuje nanášení dostatečné vrstvy). Viz také horní meze tloušťky vrstvy pro metrické závitů ISO.

! Snížení rizika vodíkové křehkosti (ISO 4042)

U galvanicky zúšlechťených spojovacích prvků z oceli s vyšší pevností v tahu nebo tvrdostí odpovídající ≥ 360 HV, které jsou vystaveny tahovému napětí, hrozí nebezpečí selhání vlivem vodíkového křehnutí.

Tepelné zpracování (temperování) dílů, např. po kyselém moření nebo po pokovení, snižuje nebezpečí lomu. Úplnou eliminaci nebezpečí vodíkové křehkosti však nelze zcela zaručit. Pokud je potřeba nebezpečí vodíkové křehkosti snížit, měly by být zváženy jiné postupy povlakování.

Pro díly, které jsou důležité pro bezpečnost, by se proto měly zvolit jiné postupy ochrany proti korozi nebo povlakování jako je např. anorganické zinkové povlakování, mechanické zinkování nebo použití ocelí odolných proti korozi a kyselinám.

Spojovací prvky s tvrdostí ≥ 360 HV se tam, kde to výrobní podmínky umožňují, používají s anorganickým zinkovým povlakem nebo mechanicky pozinkované. Uživatel spojovacích prvků zná aplikaci i požadavky na použité spojovací díly, a musí příslušný typ povrchové úpravy specifikovat!

Horní meze tloušťky vrstvy pro metrické závity ISO

podle ISO 4042:2018

Stoupání závitu P	Jmenovitý průměr závitu ¹⁾ d1	Vnitřní závit		Vnější závit					
		Toleranzlage G		Toleranzlage g		Toleranzlage f		Toleranzlage e	
		Základní úchyłka	Tloušťka vrstvy max. ²⁾	Základní úchyłka	Tloušťka vrstvy max. ²⁾	Základní úchyłka	Tloušťka vrstvy max. ²⁾	Základní úchyłka	Tloušťka vrstvy 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⁾ Údaj o závitech s normálním stoupání je pouze informativní. Rozhodující veličinou je stoupání závitu.

²⁾ Teoretická minimální vůle a příslušná maximální tloušťka vrstvy. Viz místa měření/referenční povrchy pro stanovení tloušťky vrstvy.

Neuveďte-li objednavatel požadovanou tloušťku vrstvy, platí nejnižší tloušťka vrstvy (mezi 3 μm a 5 μm podle velikosti závitu). Ta je současně standardní tloušťkou vrstvy.

U velmi dlouhých dílů nebo u malých rozměrů ($\leq M4$) může vzniknout nepravidelná vrstva povlaku. Toto může způsobit problémy při montáži. Zvětšování tloušťky vrstvy na vnějších okrajích a na nejzastších koncích dlouhých dílů.

Normálně by měly šrouby $l > 5d$ mít tloušťku vrstvy v polovině délky odpovídající pouze třetině až polovině tloušťky vrstvy na referenčních površích.

Je-li stanovena větší tloušťka vrstvy (pro docílení dostatečné tloušťky pro antikorozi ochranu na polovině délky dlouhého šroubu, obvykle 10d až 15d), může to vést k nanesení příliš silné vrstvy na konce závitů, což negativně ovlivňuje možnost zašroubování a kalibrovatelnost.

Na druhou stranu příliš tenká vrstva sice umožňuje bezproblémové uchycení závitu, ale může znamenat příliš tenkou vrstvu na polovině délky.

Možné řešení: použití chemického poniklování nebo použití šroubů z ocele odolné proti korozi A2 nebo A4.

i Závity šroubů jsou běžně vyráběny v tolerančním poli 6g.

Toleranční pole e a f jsou neobvyklé a vyžadují speciální způsob výroby. Z hlediska minimálních množství, dodacích lhůt a vyšších cen pak nemusí být jejich používání hospodárné. Alternativa: díly z oceli odolné proti korozi A2. Vnitřní závity mají z technických důvodů podstatně tenčí vrstvy. Z praktického hlediska to však nemá žádný význam, neboť při montáži jsou vnitřní závity chráněny šrouby s vnějšími závity.

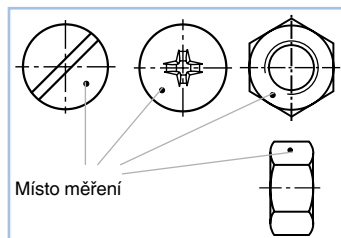
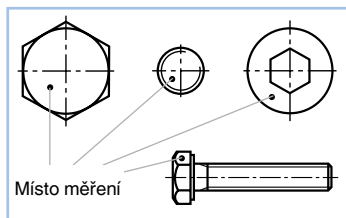
i Tloušťky povlaku na příkladu šroubu M10

Zinek	5 μm
Pasivace (standard)	0,05–0,1 μm
Silnovrstvá pasivace	0,2–0,5 μm
Pečetění	0,5–1,5 μm

Možná přizpůsobení tolerancí závitů povrchových úprav dle ISO 10684 (žárové zinkování)

Výrobek	Závit	Tolerance	Příklad značení na hlavě
Závit šroubu	podřezaný	6 az	8.8 U
Závit matice	přeřezaný	6 AZ	8 Z

Místa měření/referenční povrchy pro stanovení tloušťky vrstvy



Další galvanicky nanášené povlaky

Procesy	Detaily
Niklování	Slouží jak k dekoračním účelům, tak k ochraně proti korozi. Tvrdý povlak používaný u elektrických aplikací a v telekomunikačním průmyslu. Speciálně u šroubů nedochází k oděru povlaku. Následnou impregnací se zvyšuje odolnost proti korozi – viz následující tabulka.
Chromování	Většinou po niklování, tloušťka vrstvy cca 0,5–1,0 µm. Chrom je dekorativní, zvyšuje odolnost poniklovaných částí proti ztrátě lesku a také slouží jako ochrana proti korozi. Lesklé chromování: vysoký lesk. Matné chromování: matný lesk (hedvábný lesk). Chromování v bubnu není možné. Vytváří tvrdý povrch s dobrými kluznými vlastnostmi a s odolností proti opotřebením.
Pomosazení	Mosazné povlaky se používají hlavně pro dekorační účely. Mimo to se pomosazují ocelové díly ke zlepšení přilnavosti gumy
Pomědění	V případě potřeby jako základový povlak před niklováním, chromováním a stříbřením. Používán pro dekorativní účely.
Postříbření	Stříbrné povlaky se používají pro dekorační a technické účely.
Cínování	Cínování se provádí hlavně k dosažení příp. zlepšení pájitelnosti (měkká pájka). Slouží současně jako ochrana proti korozi. Tepelná konečná úprava není možná.
Eloxování	Anodovou oxidací se u hliníku vytvoří ochranná vrstva, která účinkuje jako ochrana proti korozi a zabraňuje tvorbě skvrn. K dekorativním účelům lze v rámci následného barvení dosáhnout prakticky libovolného odstínu.
Slitínový povlak zinek-železo	Při galvanickém procesu se z elektrolytu zinek-železo vylučuje na kovový díl slitínový povlak. Na díly je následně nanášena černá pasivovační vrstva bez Cr(VI) a černá pečetivní vrstva. Tento povlak se hlavně používá v případě požadavku na černý vzhled dílů.
Slitínový povlak zinek-nikl	Galvanické povlaky zinek-nikl obsahují přibližně 12–16% niklu. Díly jsou pak transparentně nebo černě pasivovány a případně je nanášena pečetivní vrstva. Tento povlak je používán zejména pro svoji velmi dobrou korozní odolnost.

Další povrchové úpravy

Procesy	Detaily
Žárové zinkování	Ponoření do zinkové lázně s teplotou cca 440 °C až 470 °C. Tloušťka vrstvy min. 40 µm. Povrch matný a drsný. Možná změna barvy po určité době. Velmi dobrá ochrana proti korozi. Může být použito pro díly se závitem od M8. Kvůli správnému párování musí být závity buď podřezány nebo přeféžány.
Zinkové vločky Geomet® Delta-Tone® / Delta-Protekt®	Povlaky se zinkovými vločkami (stříbrošedá barva) s vynikající antikorozií odolností pro díly s vyšší pevností v tahu nebo tvrdostí odpovídající ≥ 360 HV. Tento proces prakticky vylučuje možnost vzniku vodíkové křehkosti. Teplotně odolné do 300 °C. Použitelné pro závity M4 a větší.
Mechanické pokovení	Mechanicko / chemický proces. Odmaštěné díly se společně se speciální směsí skleněných kuliček a práškového zinku vloží do nanášecího bubnu. Skleněné kuličky působí jako nosiče zrněk zinkového prášku a nanášejí jej na povrch dílu.
Černění nerezí	Chemický proces v horkém roztoku hydroxidu. K dekorativním účelům.
Brynýrování (černění)	Chemický proces, teplota lázně ca 140 °C. K dekorativním účelům, jen dočasná antikorozií ochrana.
Fosfátování (bonderizování, parkerizace, atramentování)	Pouze lehká ochrana proti korozi. Dobrý podklad pro barvení. Vzhled šedý až šedočerný. Následné naolejování zlepšuje ochranu proti korozi.
Impregnace/pečetění	Zejména u poniklovaných dílů mohou být konečnou úpravou v odvodňovací kapalině s přísadou vosku ucpány mikropóry voskem. Podstatné zlepšení odolnosti proti korozi. Voskový film je suchý, neviditelný.
Temperování	U galvanicky zušlechťených spojovacích prvků z oceli s vyšší pevností v tahu nebo tvrdostí odpovídající ≥ 360 HV, které jsou vystaveny tahovému napětí, hrozí nebezpečí selhání vlivem vodíkové křehnutí. Část vodíku lze eliminovat temperováním při 180 °C až 230 °C (pod popouštěcí teplotou). Zkušenosti ukazují, že 100% odstranění rizika vodíkové křehkosti nelze zaručit. Tepelné zpracování >6 hod. musí být provedeno po odmožení a po galvanickém povlakování před chromátováním.
Pečetění	Pečetění se provádí ponorem součástí po galvanizačních a pasivačních procesech. Pečetění zvyšuje odolnost proti korozi.
Tribologický suchý povlak ¹⁾	Tyto povlaky poskytují film odolný proti opotřebení a zároveň snižují součinitel tření. Snižují též náchylnost k otěru. Podstatné zlepšení odolnosti proti korozi. Voskový film je suchý, neviditelný.
Voskování	Kluzná vrstva snižuje moment šroubování u závitotvářecích šroubů.
WIROX®	Je galvanický zinkový povlak s průměrnou tloušťkou zinku 8 µm. Ve srovnání s běžným galvanickým procesem je ochrana proti korozi více než 20x vyšší. Povlak je odolný proti otěru, mechanickému namáhání a je charakteristický mimořádně vysokou korozií odolností.
YELLOX®	Je galvanický zinkový povlak s průměrnou tloušťkou zinku nejméně 4 µm. Ve srovnání s běžným galvanickým procesem je ochrana proti korozi více než 6x vyšší. Aplikace se šrouby s nažloutlým vzhledem jsou garantovány do budoucna.
GreenTec®	Je galvanický povlak na bázi zinek-níkl s tloušťkou přibližně 5 µm, zinek, který poskytuje tvrdý a opotřebení odolný povlak s velmi vysokou odolností proti korozi.

¹⁾ Například **CresaCoat®**

CresaCoat® je tribologický tenkovrstvý suchý povlak ne-elektrolyticky nanesený, s integrovanou mazací schopností a s přídavnou korozií ochranou. Povlak je tvořen kompozicí fluoropolymerů a částicemi organických submikroskopických pevných maziv, které jsou rozptýleny v pečlivě vybraných syntetických pryskyřicích a rozpoštědlech. Povlak AFC (anti-tření vrstva) vytváří hladký film, který vyrovnává všechny nerovnosti povrchu a tím optimalizuje tření při extrémních zatíženích a provozních podmínkách. Syntetická pryskyřice pak zajišťuje lepší antikorozií ochranu.

To, jaký povlak představuje v konkrétním případě technicky a ekonomicky nejvhodnější řešení, je třeba rozhodnout podle plánované aplikace a účelu použití.