

Galvaniske metoder

Befæstelselementer med galvanisk belægning i henhold til ISO 4042:2018

Forzinkning – Passivering. Forzinkning med efterfølgende passivering har vist sig at være effektivt for befæstelselementer, både med hensyn til korrosionsbestandighed og udseende.

Efterbehandling ved kromatering hhv. passivering. Er en metode til dannelse af en kromaterings- eller passiveringsbelægning ved behandling i en opløsning, der indeholder Cr6+ (kromatering) eller Cr3+ (passivering) kromforbindelser. Denne efterbehandling udføres umiddelbart efter galvaniseringen ved kort neddykning i kromsyreopløsninger. Kromaterings- eller passiveringsprocessen øger korrosionsbeskyttelsen og forhindrer anløbning og misfarvning af zinklaget. Den beskyttende effekt af en kromatering eller passivering afhænger af procesgruppen (se tabel). Det er muligt at øge korrosionsbeskyttelsen yderligere ved at bruge en forseglers eller top coat.

Vejledende værdier for korrosionsbestandigheden af gængse galvaniske zink belægninger i henhold til ISO 4042:2018

Den neutral salttågetest (NSS, en: Neutral Salt Spray Test) i henhold til ISO 9227, bliver anvendt for at bedømme overfladebehandlings korrosionsbestandighed. Ifølge ISO 4042:2018 er den overfladebehandlede tilstand defineret som tilstanden efter afslutning af alle overfladebehandlingsprocesser (herunder passivering og påføring af en forseglers eller top coat), uden en forringelse pga. andre faktorer som sortering, emballering, montage, transport og opbevaring.

Zinkbaserede belægningssystemer	Cr(VI)-fri	Typisk udseende	Betegnelse af belægningssystemet i hht. ISO 4042:2018	Nominal lagtykkelse µm	Minimum salttågetest tider ved tromlebelægning ^{3,4)}	
					Hvidrust timer	Rødrust timer
Zn, transparent/blå passiveret	ja	transparent farveløs til blålig (standard)	ISO 4042/Zn5/An/T0 ISO 4042/Zn8/An/T0	5	8	48
				8	8	72
Zn, tyklagspassivering	ja	farveløs til iriserende (blålig, grønlig, gullig, sølv)	ISO 4042/Zn5/Cn/T0 ISO 4042/Zn8/Cn/T0	5	72	120
				8	72	192
Zn, tyklagspassivering, forsejlet	ja	farveløs til iriserende	ISO 4042/Zn5/Cn/T2 ISO 4042/Zn8/Cn/T2	5	120	168
				8	120	240
Zn, sort kromateret ¹⁾	nej	mørkebrun til sort (dekorativ)	ISO 4042/Zn5/F/T0 ISO 4042/Zn8/F/T0	5	12 ²⁾	–
				8	24 ²⁾	72
ZnNi, iriserende passiveret	ja	iriserende (blålig-sølvgrå)	ISO 4042/ZnNi5/Cn/T0 ISO 4042/ZnNi8/Cn/T0	5	120	480
				8	120	720

¹⁾ Ved kanterne, krydskærve etc. må der på grund af tromleprocessen praktisk talt altid regnes med, at det sorte kromatlag grides af, og at det derunder liggende lyse zinklag lokalt kommer til syne. Befæstelselementer kan kun med stort besvær kromateres upåklageligt sort.

²⁾ En lille lagtykkelse påvirker holdbarheden af kromatbelægningen.

³⁾ Med en stativproces reduceres påvirkningen af mulige skader på belægningen og dermed kan der opnås øget korrosionsbestandighed.

⁴⁾ For små gevindstørrelser reduceres disse værdier (pga. gevindets flankediameter er der ikke tilstrækkelig spirulum til at påføre den nødvendige lagtykkelse). Se også øvre grænser for lagtykkelser for metrisk gevind.

! Reducere risikoen for brintskørhed (ISO 4042)

Der er risiko for skørhedsbrud pga. brintskørhed i galvaniserede befæstelselementer, der er fremstillet af stål med høj trækstyrke eller hårdhed svarende til $\geq 360\text{HV}$, som er udsat for trækspænding.

Varmebehandling (bagning) af delene, f.eks. efter syrebejdning eller efter overfladebehandlingsprocessen, reducerer faren for skørhedsbrud. Dog kan en fuldstændig fjernelse af risikoen for brintskørhed ikke garanteres. Hvis risikoen for brintskørhed skal reduceres yderligere, bør andre overfladebehandlingsmetoder overvejes.

Til dele af afgørende sikkerhedsmæssig betydning, bør der derfor vælges alternative metoder til korrosionsbeskyttelse eller overfladebehandling, som f.eks. uorganiske zinkoverflade, mekanisk forzinkning eller et skift til rust- eller syrefast stål.

Der hvor det er produktionsmæssigt muligt, leveres befæstelselementer med hårdhed $\geq 360\text{HV}$ med uorganisk zinkoverflade eller bliver mekanisk forzinket.

Brugeren kender anvendelsesområdet og kravene til befæstelselementerne og skal derfor specificere den passende overfladebehandling!

Øvre grænser for lagtykkelser på metrisk gevind

i henhold til ISO 4042:2018

Gevindstigning P	Nominel gevind-diameter ¹⁾ d1	Indvendigt gevind		Udvendigt gevind					
		Toleranceområde G		Toleranceområde g		Toleranceområde f		Toleranceområde e	
		Grund-afvigelse	Nominel lagtykkelse max. ²⁾	Grund-afvigelse	Nominel lagtykkelse max. ²⁾	Grund-afvigelse	Nominel lagtykkelse max. ²⁾	Grund-afvigelse	Nominel lagtykkelse 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⁾ Information om nominel gevinddiameter er kun til information. Den afgørende størrelse er gevindstigningen.

²⁾ Teoretisk minimum spilrum og tilsvarende maksimale lagtykkelse. Se referenceområder til fastlæggelse af lagtykkelse.

Hvis der ikke er specificeret en bestemt lagtykkelse, gælder den mindste lagtykkelse (mellem 3 µm og 5 µm afhængig af gevindstørrelsen). Denne anses også for at være standard lagtykkelse.

Ved meget lange eller små dimensioner ($\leq M4$) kan der forekomme ujævn fordeling af lagtykkelse, som resultat af den galvaniske proces. Dette kan være skyld i montageproblemer (forøgelse af lagtykkelsen i enderne af lange dele og på yderkanter). Typisk kan bolte med $l > 5d$ have en lokal lagtykkelse, på midten af bolten, på ned til tredjedelen til halvdelen i forhold til lokal lagtykkelse i referenceområder.

Specifikationen af tykkere lag (for at opnå tilstrækkelig lagtykkelse midt på en lang bolt – typisk 10d til 15d – med henblik på korrosionsbeskyttelse) kan resultere i for meget belægning på enden af gevindet, hvilket forringer montagen og/eller måleintegriteten. Omvendt giver specifikationen af tyndere lag mulighed for problemløs gevindindgreb, men kan resultere i manglende lagtykkelse midt på bolten.

Mulig løsning: kemisk fornikling eller bolte i rust- og syrefast austenitisk stål, respektiv A2 og A4.

i Skruengevind, som efterfølgende overfladebehandles mod korrosion, fremstilles med tolerancen 6g.

e og f tolerancer er ikke almindelig og kræver en ændring i produktionen af skruen. Minimumsmængder, længere leveringstider og højere pris kan sætte spørgsmålstegn ved økonomien. Et alternativ kan være at bruge dele fremstillet i rustfast stål A2. Møtrikgevind har af galvanotekniske grunde væsentlig tyndere lag. Dette har dog ingen betydning i praksis, fordi møtrikgevinde er beskyttet af belægningen på skruens udvendige gevind.

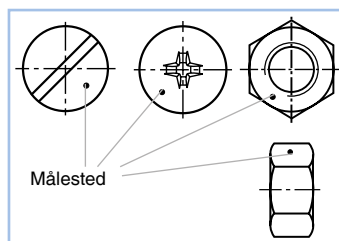
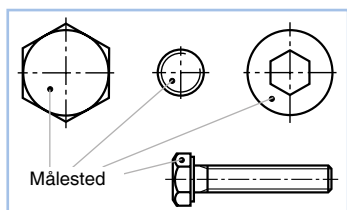
i Eksempel på lagtykkelse M10 skrue

Zink	5 µm
Passivering (standard)	0,05–0,1 µm
Tyklagspassivering	0,2–0,5 µm
Forsegling	0,5–1,5 µm

Mulige tolerancetilpasninger af overfladebelægninger ISO 10684 (varmforzinkning)

Produkt	Skruegang	Tolerance	Eksempel for Headmark
Boltegevind	underskærne	6 az	8.8 U
Møtrikgevind	overskærne	6 AZ	8 Z

Referenceområder til fastlæggelse af lagtykkelse



Yderligere galvaniske overfladebehandlingsmetoder

Metode	Forklaringer
Fornikling	Tjener til både dekorative formål og korrosionsbeskyttelse. Anvendes på grund af det hårde lag i konstruktionen af elektriske apparater samt i telefonindustrien. Specielt ved bolte ingen afslidning af belægningen. Forniklede jerndele kan ikke anbefales til udendørs brug. Forbedring af korrosionsbeskyttelsen ved hjælp af imprægnering – se tabel nederst på siden.
Forkromning	For det meste efter forniklingen, lagtykkelse ca. 0,5–1,0 µm. Krom virker dekorativt, forøger modstandsdygtigheden mod anløbning af forniklede emner og virker også som korrosionsbeskyttelse. Glansforkromet: høj glans. Matforkromet: mat glans (silkeglans). Tromleforkromning ikke mulig. Danner en hård overflade med gode slid og glideegenskaber.
Formessing	Messingbelægninger anvendes hovedsagelig til dekorative formål. Desuden messingbehandles stålemner for at forbedre vedhæftning af gummi til stål.
Forkobring	Når det er nødvendigt som underlag før fornikling, forkromning og forsølvning. Som dæklag til dekorative formål.
Forsølvning	Sølvbelægninger anvendes til dekorative og tekniske formål.
Fortinning	Fortinning anvendes hovedsagelig for at opnå eller forbedre ledeevnen. Tjener samtidig som korrosionsbeskyttelse. Termisk efterbehandling ikke mulig.
Eloxering	Ved hjælp af anodisk oxidation frembringes der ved aluminium et beskyttende lag, der virker som korrosionsbeskyttelse og forhindrer pletdannelse. Til dekorative formål kan man i en efterfølgende farvningsproces opnå stort set alle farvenuancer.
Zink/jern elektroplettering	Er en galvanisk overfladebehandlingsproces, som ved hjælp af en elektrolyt udfælder en zink-jern overflade på et metallisk emne. Efterfølgende påføres overfladen en Cr(VI)-fri sort passivering og sort forsegling. Overfladebehandlingen anvendes hovedsagelig, når der ønskes en kosmetisk sort overflade.
Zink/nikkel elektroplettering	Zink-nikkel overfladebehandlinger opnår omtrent et indhold på 12–16% nikkel under galvaniseringen. Her er det muligt at anvende en gennemsigtig eller sort passivering og optimere overfladen med en forsegling. Denne overfladebehandling anvendes hovedsagelig pga. den gode korrosionsbeskyttelse.

Yderligere overfladebehandlinger

Metode	Forklaringer
Varmgalvanisering	Neddypningen i zinkbad, hvis temperatur ligger på 440 °C til 470 °C. Lagtykkelser min. 40 µm. Overflade mat og ru, plet-dannelser mulig efter relativ kort tid. Meget god korrosionsbeskyttelse. Anvendelig til gevinddele fra M8. Gevindløb sikret ved hjælp af egnede foranstaltninger.
Uorganisk zinkflagebelægning Geomet® Delta-Tone® / Delta-Protekt®	Zinkflage belægninger yder fortræffelig korrosionsbeskyttelse og er egnet til dele med høj trækstyrke eller hårdhed svarende til ≥ 360 HV. Ved denne overfladebehandlingsmetode udelukkes brintskørhed. Temperaturbestandig til ca. 300 °C. Anvendelig til gevind $\geq M4$.
Mekanisk forzinkning (Mechanical Plating)	Kemo-mekanisk belægningsproces. Affedtede dele lægges sammen med en speciel glaskugleblanding og zinkpulver i en pletteringstrømme. Glaskuglerne virker som bærer for zinkpulverkornene og fører disse hen til emnernes overflade, hvor de sætter sig fast ved hjælp af koldsvejsning.
Oxidering Rustfast stål	Kemisk proces i en varm hydroxidopløsning. Til dekorative formål.
Brunering (bejdsning)	Kemisk proces, badtemperatur ca. 140 °C med efterfølgende oliering. Til dekorative formål kun midlertidig korrosionsbeskyttelse.
Fosfatering (Bondering, bonderisering, antoxering, parkerisering, atramentering)	Kun let korrosionsbeskyttelse. Godt underlag for farver. Udseende grå til gråsort. Bedre korrosionsbeskyttelse ved hjælp af efterfølgende oliering.
Impregnering	Først og fremmest ved forniklede dele kan mikroporerne forsegles med voks ved hjælp af en efterbehandling i vandfortrængende opløsning med tilsætning af voks. Væsentlig forbedring af korrosionsbestandigheden. Voksfilmene er tør, usynlig.
Bagning	Efter galvanisk overfladebehandling eller syrebehandling, kan dele af stål med høj trækstyrke eller hårdhed svarende til ≥ 360 HV og som er udsat for trækspænding, blive brintskøre pga. absorbering af brint (brintskørhed). Med bagning ved 180 °C til 230 °C (under anløbningsstemperatur) kan brintskørhed delvist elimineres. Med den nuværende teknologi, giver denne metode ikke 100 % garanti. Bagning skal ske umiddelbart efter en syrebehandling og en galvaniske behandling.
Forsegling	Forseglingen kommer efter den elektrolytiske forzinkning og passivering ved hjælp af neddybningsproces af komponenten. Forseglingen øger korrosionsbestandigheden.
Tribologisk tør belægning ¹⁾	Danner friktionsreducerende og slidtæghæmmende lag. Beskyttelse mod høj friktion (tæring).
Voksning	Glidelag for at reducere drejningsmomentet ved gevindformende skruer.
WIROX®	Er en galvanisk overfladebehandling med zink, den gennemsnitlige lagtykkelse er mindst 8 µm. Korrosionsbeskyttelsen er 20 gange højere, sammenlignet med almindelig galvanisering. Overfladen er modstandsdygtig overfor slid, mekaniske belastninger og er karakteriseret ved en enestående høj korrosionsbeskyttelse.
YELLOX®	Er en galvanisk overfladebehandling med zink, den gennemsnitlige lagtykkelse er mindst 4 µm. Korrosionsbeskyttelsen er 6 gange højere, sammenlignet med almindelig galvanisering.
GreenTec®	Er en galvanisk overfladebehandling, lagtykkelse er omtrent 5 µm, den er zink-nikkel baseret og giver en hård og slidstærk overflade med meget høj korrosionsbestandighed.

¹⁾ For eksempel **CresaCoat**®

CresaCoat® tribologiske tørre overfladebehandling er ikke-elektrolytisk påført, og består af et tyndt lag med smørende egenskaber samt giver en forøgelse i korrosionsbeskyttelsen. Overfladebehandlingen består af fluorpolymerer og smørende organiske submikroskopiske partikler, som er omhyggeligt fordelt i udvalgte syntetiske resin blandinger samt opløsningsmidler. Denne AFC overfladebehandling (Anti-Friction-Coating) danner en tynd film, som minimerer ujævnheder i overfladen og derved optimerer friktionen under ekstreme belastninger og arbejdsforhold. Den syntetiske resin forbedrer korrosionsbeskyttelsen.

Hvilken belægning der repræsenterer den teknisk og økonomisk mest fornuftige løsning, skal afgøres i hvert enkelt tilfælde, afhængig af kundens applikation og tilsigtede anvendelse.