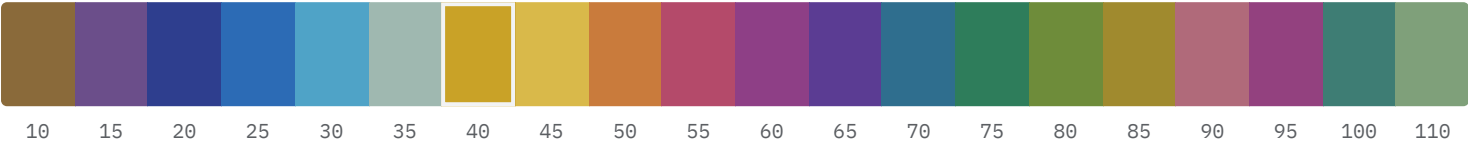


YTSKIKTET

Elektroplätering handlar inte om kemi i en hink utan om fyra tal: strömtäthet, temperatur, tid och avstånd. Får du dem rätt spelar det knappt någon roll vilket recept du följer. Får du dem fel hjälper inget bad i världen. Det här dokumentet handlar därför lika mycket om ström som om vätska — och om anodisering, där spänningen ensam bestämmer vilken färg metallen får.

SPÄNNINGEN ÄR FÄRGEN



40 V

Guld

oxidskikt ≈ 100 nm · #C9A227

Ingen färg är inblandad. Spänningen bestämmer hur tjockt oxidskiktet växer, tjockleken bestämmer vilken våglängd som släcks ut genom interferens, och det som blir kvar är kulören. Samma fysik som i en oljefilm på en vattenpöl. Skalan varvar därför runt två gånger — guld dyker upp både vid 40 och vid 85 volt, med olika skiktjocklek.

01

GRUNDPRINCIPER

Sex saker som avgör om resultatet blir en spegel eller en grå sandpappersyta. Ingen av dem står i badreceptet.

1 · STRÖMTÄTHET, INTE STRÖM

Det enda tal som betyder något är **ampere per kvadratdecimeter** av godsets yta. Två ampere på en tiokronorsstor bricka är ett bränt haveri; två ampere på ett cykelstyre är knappt märkbart. Räkna ut ytan först, bestäm strömtätheten sedan, och ställ aggregatet därefter. Det är därför ett aggregat med strömreglering är viktigare än ett med hög effekt.

I [A] = j [A/dm²] × A [dm²]

För låg strömtäthet ger mörka, matta eller ojämna partier och beläggning som inte fäster. **För hög** ger brända, gråsvarta, pulveriga kanter. Fönstret mellan dem är ofta bara en faktor tre brett, och det är hela konsten.

2 · FARADAY BESTÄMMER TIDEN, INTE KÄNSLAN

Hur mycket metall som avsätts är exakt proportionellt mot laddningen. Det betyder att tjockleken går att räkna ut i förväg, och att halva strömmen i dubbla tiden ger samma tjocklek —

men inte samma kvalitet. Nickel avsätts med ungefär **12,3 µm per A/dm² och timme** vid full strömutbytesverkningsgrad. Resten av metallerna finns i avsnitt 12, där de också går att räkna på.

3 · STRÖMMEN GÅR KORTASTE VÄGEN

Det som är närmast anoden får mest ström, alltså tjockast skikt. Kanter och hörn sticker ut i fältet och får mest av allt — därför bränns de först. Håligheter, insidor och skuggade partier får minst och kan bli helt obelagda.

- **Anoder på båda sidor** om godset är plant. En anod ger tjockt på ena sidan och tunt på andra.
- **Avståndet** ska vara minst lika stort som godsets största mått, gärna mer. Nära anod ger ojämnt.
- **Tjuvkatod** — en offerbit av plåt bredvid en vass kant — drar åt sig överskottsströmmen och räddar kanten. Enkel och underskattad.
- **Skärm** av plast mellan anod och gods jämnar ut fältet där det är för starkt.

Ett bads förmåga att belägga även det som ligger i skugga kallas **kastförmåga**. Cyanidbad har utmärkt kastförmåga, vilket är hela skälet till att industrin använt dem. De sura baden i det här dokumentet har sämre, och det får kompenseras med geometri.

4 · OMRÖRNING ÄR INTE KOSMETIKA

Vid katodytan tar metalljonerna slut snabbare än de hinner vandra dit. Utan omrörning blir det utarmade skiktet tjockare och tjockare, och du får brända kanter vid en strömtäthet som annars vore helt normal. Omrörning — luftpump, magnetomrörare eller att röra runt godset — höjer den strömtäthet du kan köra med, ofta till det dubbla.

5 · VIDHÄFTNING AVGÖRS INNAN STRÖMMEN SLÅS PÅ

Nästan alla misslyckanden är förbehandlingsfel, inte badfel. En beläggning som flagar, blåser sig eller går att skrapa av med nageln har nästan alltid lagts på en yta som inte var ren, eller som hann oxidera mellan sköljning och bad. Se avsnitt 2.

6 · UNDERLAGET LYSER IGENOM

Plätering jämnar inte ut. Repor, gjutporer och slipspår finns kvar efteråt, ofta tydligare än förut eftersom en blank yta visar allt. Vill du ha spegel måste du polera *före*, eller lägga ett utjämnande kopparskikt och polera det. Ljusförbättrare i badet hjälper på mikronivå men lagar inga repor.

Skölj godset och håll upp det. Rinner vattnet av som en **obrutten hinna** är ytan ren. Drar det ihop sig till droppar finns det fett kvar, och då är det ingen idé att gå vidare. Provet tar två sekunder och är det enda kvalitetsmått du behöver före badet.

STEGEN, I ORDNING

1. **Mekanisk beredning.** Slipa, polera, blästra. Allt som ska bort ska bort nu. Efter det här steget rör du inte ytan med fingrarna.
2. **Avfettning.** Alkaliskt varmt bad: 30 g natriumkarbonat plus 20 g natriummetasilikat per liter, 60 °C, 5–10 minuter. Silikatet både löser fett och skyddar lättmetall. Lösningsmedel som IPA går för lätt smuts men lämnar en film på tyngre.
3. **Elektrolytisk avfettning** om du vill göra det ordentligt. Samma bad, godset som *katod*, 3–5 A/dm² i en minut. Vätgasbubblorna river loss det sista mekaniskt.
4. **Sköljning.** Rikligt, i minst två steg. Sista sköljningen i avjoniserat vatten.
5. **Betning och aktivering.** 5–10 % svavelsyra eller 10 % saltsyra i 30–60 sekunder tar oxidskiktet och gör ytan mikroskopiskt ruggad.
6. **Sköljning igen, och direkt i badet.** Stål börjar oxidera på nytt inom minuter. Får godset ligga och torka mellan betning och bad har du kastat bort steg 5.

SKÖLJKASKAD

Två eller tre sköljkar på rad, där godset går genom dem i tur och ordning och färskvattnet tillsätts i den sista. Utspädningen blir då multiplikativ i stället för additiv: tre kar med tiofaldig utspädning i varje ger tusenfaldig totalt, med en bråkdel av vattnet. Det är också så du håller nere mängden metallhaltigt avfall.

UNDERLAG SOM KRÄVER SÄRSKILD HANTERING

- **Rostfritt och nickellegeringar** har ett passivt kromoxidskikt som beläggningen inte fäster på. De behöver ett *Wood's nickel strike* — ett surt nickelbad med hög kloridhalt som körs kort vid hög strömtäthet, och som river skiktet i samma ögonblick som det belägger.
- **Aluminium** oxiderar på sekunder. Kräver zinkatbehandling, alltså att aluminiumoxiden byts mot ett tunt zinkskikt, oftast i två omgångar. Utan det flagar allt.
- **Zinkgjutgods** tål inte sura bad. Kräver alkalisk koppar först.
- **Plast** måste göras ledande med grafit- eller kopparlack, och etsas kemiskt först för att beläggningen ska ha något att gripa i.

UTRUSTNING

Vad som faktiskt behövs, och vad som bara ser bra ut på bänken.

DET SOM BEHÖVS

SAK	KRAV	VARFÖR
Aggregat	0–15 V, 0–5 A, CC/CV	Ska kunna begränsa strömmen , inte bara spänningen. Ett labbaggregat i konstantströmsläge är rätt verktyg; en batteriladdare är fel.
Aggregat för anodisering	0–120 V DC	Titanfärgning kräver upp till 110 V. Aluminiumanodisering klarar sig på 15–25 V men behöver ström.
Kar	PP eller HDPE	Tål både syra och alkali. Glas går men spricker av värme. Aldrig metall.
Värme	Akvarievärmare, 25–60 °C	De flesta bad vill ha 40–55 °C. Doppvärmare av titan för aggressiva bad.
Omrörning	Luftpump eller magnetomrörare	Höjer användbar strömtäthet, ofta till det dubbla.
Upphängning	Titantråd eller koppartråd	Titan beläggs inte och kan återanvändas. Koppar är billigt men belägger sig.
Anoder	Samma metall som badet	Löses upp och fyller på badet. Undantag: bly eller titan-blandoxid som olöslig anod.
Filtrering	Akvariepump med vadd	Partiklar i badet ger gropighet och nålstick. Underskattat.
pH-mätning	Stickor räcker	Nickelbad drar uppåt i pH under drift och behöver justeras.
Våg	0,1 g, 2 kg	Badrecept är viktbaseade.

FLERA AV KEMIKALIerna ÄR TILLSTÅNDSPLIKTIGA I SVERIGE

EU:s förordning om sprängämnesprekursorer, 2019/1148, gör följande **förbjudet för privatpersoner utan tillstånd från MSB**:

- **Svavelsyra över 15 vikt%** — alltså både anodiseringsbadet och elektropoleringsbadet i det här dokumentet.
- **Salpetersyra över 3 vikt%** — alltså desmutting-steget.
- **Väteperoxid över 12 vikt%**.

Tillstånd söks hos MSB och beviljas restriktivt. Att köpa, inneha eller använda dem utan tillstånd är en överträdelse, och handlaren är skyldig att kontrollera. Planera därför arbetet efter vad du faktiskt får ha hemma — eller lämna de stegen till någon som har tillstånd.

SKYDD

- **Ventilation.** Vid katoden bildas vätgas och vid anoden syrgas — tillsammans en brännbar blandning. Sura bad ger dessutom en syraaerosol som följer med bubblorna upp. Kör utomhus eller under utsug, aldrig i ett stängt rum.
- **Tättslutande glasögon och nitrilhandskar** genomgående.
- **Anodisering går på hög spänning.** 110 V likström genom ett saltbad är livsfarligt på ett annat sätt än 12 V. En hand i taget, ingen kontakt med kärlet, och strömmen av innan du rör något.
- **Nickel är allergiframkallande** och nickelsalter är klassade som misstänkt cancerframkallande vid inandning. Väg av utomhus, andas inte in dimman från badet.

TVÅ SAKER SOM INTE FINNS I DET HÄR DOKUMENTET

Cyanidbad. Industristandard för koppar på zink, för silver och för guld, och överlägsna i kastförmåga. De är också dödliga i små mängder och bildar cyanvätegas om de kommer i kontakt med syra — alltså med precis det som står bredvid på hyllan. Det finns inget hobbyresultat som motiverar det.

Sexvärt krom. Hårdkrom och gulkromatering bygger på Cr(VI), som är cancerframkallande vid inandning och kraftigt reglerat i EU. Dekorativ förkromning kräver dessutom en strömtäthet och badkontroll som inte är realistisk hemma. Använd **trevärda kromateringar** över zink i stället — de är lagliga, fungerar och finns i avsnitt 6.

04

KOPPAR

Grunden under nästan allt annat. Kopparskiktet är det som jämnar ut ytan och ger de följande skikten något att fästa i.

SURT KOPPARBAD

Acid copper · kopparsulfat och svavelsyra

Cu · n = 2

STRÖMTÄTHET 2–5 A/dm ²	TEMPERATUR 20–30 °C	PH < 1	ANOD Fosforkoppar	HASTIGHET 13,2 µm/A/dm ² /h
OMRÖRNING Nödvändig				

BADET

INGREDIENS	PER LITER	ROLL
Kopparsulfat, pentahydrat	200 g	Metallkälla
Svavelsyra, koncentrerad	30 ml	Ledningsförmåga, kastförmåga
Saltsyra 30 %	0,2 ml	Klorid, ca 60 mg/l — krävs för att anoden ska lösas jämnt
Avjoniserat vatten	till 1 l	Bärare

SYRA I VATTEN

Lös kopparsulfatet i det mesta av vattnet först, och håll sedan **syran i lösningen**, långsamt och under omrörning. Aldrig tvärtom. Blandningen blir märkbart varm.

OM KLORIDEN

De där två tiondels milliliterna ser ut som ett skrivfel men är avgörande. Utan klorid passiveras fosforkopparanoden, slutar lösas jämnt och badet tappar koppar. För mycket klorid ger i stället gropig, matt beläggning. Fönstret är ungefär 40–80 mg/l.

LJUSFÖRBÄTTRARE

Utan tillsatser blir koppar matt och grovkornig. Tre komponenter används industriellt: en **bärare** (polyetylglykol), en **ljusförbättrare** (SPS eller bis-natriumsulfopropyldisulfid) och en **utjämnare** (Janus Green B). Köp en färdig tillsatssats för mönsterkort — att blanda dem själv är dyrare och sämre.

Ett hederligt hemmaalternativ: några droppar melass eller en nypa gelatin per liter finkornar beläggningen märkbart. Inte spegelblankt, men användbart som grundskikt.

ANVÄND TILL

- **Utjämnande grundskikt** under nickel och krom. Koppar är mjuk och fyller mikroskopiska ojämnheter.
- **Uppbyggnad av slitna detaljer** som sedan svarvas eller slipas till mått.
- **Elektroforming** — bygga en fristående kopparskal på en modell som sedan tas bort.
- **Ledande skikt på plast** efter grafitering.

INTE DIREKT PÅ STÅL ELLER ZINK

I ett surt kopparbad fälls koppar ut *kemiskt* på järn och zink innan strömmen hunnit göra något — en lös, brunröd hinna utan vidhäftning. Lägg alkalisk koppar eller ett nickelskikt först.

05

NICKEL

Arbetshästen. Hårt, korrosionsbeständigt, blankt eller matt efter smak, och det skikt som allt dekorativt krom ligger ovanpå.

WATTS NICKEL

Ni · n = 2

Standardbadet sedan 1916 · sulfat, klorid, borsyra

STRÖMTÄTHET 2–5 A/dm ²	TEMPERATUR 45–55 °C	PH 3,8–4,5	ANOD Nickel, aktiverad	HASTIGHET 11,8 µm/A/dm ² /h
VERKNINGSGRAD ca 96 %				

BADET

INGREDIENS	PER LITER	ROLL
Nickelsulfat, hexahydrat	280 g	Metallkälla
Nickelklorid, hexahydrat	45 g	Löser anoden, höjer ledningsförmågan
Borsyra	40 g	Buffert vid katodytan
Avjoniserat vatten	till 1 l	Bärare

BORSYRAN ÄR INTE VALFRI

Vid katodytan förbrukas vätejoner, så pH stiger lokalt även om badet som helhet ligger rätt. Utan buffert fälls nickelhydroxid ut i beläggningen och du får ett grått, sprött och dåligt vidhäftande skikt. Borsyran håller pH nere just där det räknas. Den är det vanligaste utelämnade receptet i hemmabeskrivningar och den vanligaste orsaken till att de inte fungerar.

BLANK ELLER MATT

- **Utan tillsatser** blir nickeln halvmatt och silvergrå, mjukare och mer duktil. Det är ofta vad man vill på ett verktyg.
- **Blankförnickling** kräver två tillsatser: sackarin eller natriumsackarinat som primär ljusförbättrare, och en sekundär som butyndiol. Resultatet blir spegelblankt men hårdare och sprödare, och det innehåller svavel — vilket sänker korrosionsbeständigheten.
- **Vätmedel**, natriumlaurylsulfat i mycket låg halt, sänker ytspänningen så att vätgasbubblor släpper från ytan i stället för att sitta kvar och ge nålstick.

SKÖTSEL

- **pH stiger under drift.** Justera ner med utspädd svavelsyra, upp med nickelkarbonat. Kontrollera varje gång du kör.
- **Anoden ska ligga i påse** av polypropen. Nickelanoder släpper slam som annars hamnar i beläggningen.
- **Filtrera** mellan körningar. Nålstick beror nästan alltid på partiklar.
- **Järnföroreningar** från tappat gods ger grumlighet. Höj pH till 5, lufta, filtrera bort utfällt järnhydroxid, sänk tillbaka.

NICKELALLERGI

Runt en av tio kvinnor och några procent av män reagerar på nickel, och en gång utvecklad är allergin livslång. Förnickla inte smycken, klockdelar, glasögonbågar eller annat som ligger mot huden —

REACH begränsar nickelavgivning från sådana varor, och skälet bakom regeln gäller lika mycket för det du gör åt dig själv.

KORROSIONSSKYDD

UNDER KROM

HÅRT

ALLERGEN

KEMISK NICKEL

Ni-P

Electroless nickel · nickel-fosfor, helt utan ström

STRÖM Ingen	TEMPERATUR 85–90 °C	PH 4,5–5,0	HASTIGHET 15–25 µm/h	FOSFORHALT 6–12 %
BADETS LIV Begränsat				

VARFÖR DEN ÄR INTRESSANT

Natriumhypofosfit reducerar nickeljonerna kemiskt, utan yttre ström. Det betyder att skiktet blir **exakt lika tjockt överallt** — i gängor, i borrhål, på insidan av rör, på baksidan. Ingen strömtäthet, ingen kastförmåga, ingen anodgeometri. För en detalj med komplex form är det ofta det enda som fungerar.

INGREDIENS	PER LITER	ROLL
Nickelsulfat, hexahydrat	25 g	Metallkälla
Natriumhypofosfit	25 g	Reduktionsmedel
Natriumcitrat	15 g	Komplexbildare, håller nickeln i lösning
Natriumacetat	10 g	Buffert
Stabilisator, vismut eller antimon	spårmängd	Hindrar att hela badet fälls ut

ANVÄND INTE BLYSTABILISATOR

Äldre recept anger bly eller kadmium i spärmängd, och de fungerar utmärkt — men RoHS och ELV begränsar båda, och de hamnar i beläggningen och i avfallet. **Vismut, antimon eller jodat** är dagens alternativ och finns i alla kommersiella blyfria bad. Köp ett färdigt koncentrat i stället för att blanda från grunden: stabilisatorhalten ligger i milligram per liter och är det som avgör om badet överlever, och den går inte att dosera på en köksvåg.

BADET ÄR KORTLIVAT OCH NYCKFULLT

Ett kemiskt nickelbad förbrukas medan det arbetar och blir instabilt när det åldrats. Utan stabilisator kan hela satsen fälla ut på en gång — kärlet fylls med svart nickelpulver på några sekunder. Kör aldrig i rostfritt kärl: badet börjar belägga kärlet. Glas eller PP, och rengör kärlet i salpetersyra mellan omgångar.

Värmebehandling vid 400 °C i en timme fäller ut nickelfosfid och höjer hårdheten från cirka 550 till över 1000 HV. Då blir det hårdare än hårdkrom.

JÄMN TJOCKLEK

GÄNGOR OCH HÅL

HÅRD EFTER HÄRDNING

ZINK OCH PASSIVERING

Det praktiskt användbara rotskyddet, och det enda i dokumentet som offrar sig själv för att rädda stålet under.

SURT ZINKBAD

Kloridzink · det enkla hemmabadet

Zn · n = 2

STRÖMTÄTHET 1–3 A/dm ²	TEMPERATUR 20–30 °C	PH 4,5–5,5	ANOD Zink	HASTIGHET 16,2 µm/A/dm ² /h
TYPISK TJOCKLEK 8–12 µm				

OFFERANODSPRINCIPEN

Zink är oädlare än järn. Får beläggningen en repa fortsätter zinken att korrodera i stället för stålet — skyddet är alltså *elektrokemiskt*, inte bara mekaniskt. Det är skillnaden mot nickel och krom, som skyddar bara så länge de är hela och där en repa i stället *påskyndar* rosten under.

INGREDIENS	PER LITER	ROLL
Zinkklorid	70 g	Metallkälla
Kaliumklorid	200 g	Ledningsförmåga
Borsyra	25 g	Buffert
Ljusbättre för zink	enligt tillverkare	Utan den blir zinken grå och pulverig

PASSIVERING – STEGET SOM FAKTISKT GER ROSTSKYDDET

Ren zink oxiderar till vitrost på veckor. Passivering lägger en tunn kromatfilm över zinken som mångdubblar livslängden, och det är den som ger färgen. **Använd trevärt krom**, Cr(III), som finns som färdig konjunktur i hobbyhandeln. Sexvärt Cr(VI) ger den klassiska gula regnbågsfärgen men är cancerframkallande och förbjudet i de flesta tillämpningar.

PASSIVERINGAR ÖVER ZINK			
TYP	UTSEENDE	SKYDD	ANMÄRKNING
 Blå	Klarblå, nästan färglös	24–72 h	Tunn, dekorativ. Vanligast på skruv.
 Gul	Gulskimrande	72–150 h	Trevärd gul finns men färgen är svagare än den gamla Cr(VI)-gula.
 Svart	Djupsvart	50–100 h	Kräver silverjoner i badet. Dyrast.
 Oliv	Olivgrön, matt	150–300 h	Bäst skydd, sämst utseende. Militärstandard.
 Tätning	Ovanpå valfri	+50–100 %	Silikatbaserad topcoat. Billigaste sättet att fördubbla livslängden.

Timmarna avser saltdimma enligt ISO 9227 fram till första vitrost, och ska läsas som relativa tal, inte som löfte om år i verkligheten.

Kromatfilmen fäster bäst på färsk zink. Låt inte det förzinkade godset ligga över natten — passivera direkt efter sköljning, medan ytan fortfarande är aktiv.

VÄTEFÖRSPRÖDNING

Stål med draghållfasthet från cirka **1000 MPa**, vilket motsvarar ungefär **31 HRC**, tar upp väte under betning och plätering och kan spricka spontant dagar senare. Fjädrar, bultar av hög hållfasthetsklass och verktygsstål måste avspännas.

ASTM B850 anger **190–220 °C i 8 till 22 timmar**, där tiden växer med hållfastheten — de hårdaste stålen ligger i den övre änden. Bakningen ska ske **inom några timmar efter pläteringen** och före eventuell passivering. Kortare cykler förekommer i tillverkarnas rutiner, men de gäller lägre hållfasthet.

Detta är inte en teoretisk risk — det är den klassiska orsaken till att en pläterad fjäder går av i handen. Och behandlingen ger inget löfte om fullständigt skydd, bara kraftigt minskad risk.

ROSTSKYDD

OFFERANOD

SKRUV OCH BESLAG

För lödbarhet och för det som ska vidröra livsmedel. Mjukt, oädelt och med en märklig defekt som fortfarande faller elektronik.

SURT TENNBAD

Sn · n = 2

Metansulfonsyra eller svavelsyra · Sn(II)

STRÖMTÄTHET 1–3 A/dm ²	TEMPERATUR 20–30 °C	ANOD Rent tenn	HASTIGHET 28,8 µm/A/dm ² /h	TYPISK TJOCKLEK 5–15 µm
LIVSMEDEL Godkänt				

INGREDIENS	PER LITER	ROLL
Tenn(II)sulfat	40 g	Metallkälla
Svavelsyra, koncentrerad	100 ml	Ledningsförmåga
Fenolsulfonsyra	20 ml	Hindrar att Sn(II) oxiderar till Sn(IV)
Tillsats för tenn	enligt tillverkare	Utan den blir skiktet grovkornigt

BADET ÅLDRAS GENOM OXIDATION

Tvåvärt tenn oxideras av luftens syre till fyrvärt, som fälls ut som en vit gyttja och inte går att plätera. Ett tennbad som stått öppet några veckor är förbrukat. Håll locket på, rör inte mer än nödvändigt, och räkna med kortare livslängd än nickelbadet.

WHISKERS

Ren tennbeläggning växer med tiden ut spontana enkristalltrådar, någon mikrometer tjocka och upp till millimeterlånga. De kortsluter kontaktdon och har fällt satelliter och pacemakers. Legera med några procent bly eller använd matt tenn på tjockare skikt — blank, tunn tenn på koppar är den värsta kombinationen. Detta är skälet till att blyfri elektronik fortfarande är ett problemområde.

LÖDBARHET	LIVSMEDEL	WHISKERS
-----------	-----------	----------

SILVER OCH GULD

Dyra bad i liten volym. Här är cyanidfrågan oundviklig, och svaret är att välja de bad som slipper den.

SILVER, CYANIDFRITT

Tiosulfat- eller succinimidbaserat

Ag · n = 1

STRÖMTÄTHET 0,3–1 A/dm ²	TEMPERATUR 20–30 °C	ANOD Rent silver	HASTIGHET 38,4 µm/A/dm ² /h	TYPISK TJOCKLEK 3–10 µm
ANMÄRKNING Köp färdigt				

Silver har den högsta elektriska ledningsförmågan av alla metaller, vilket är hela skälet att silverplatera vågledare, kontaktdon och RF-detaljer. Dekorativt används det på bestick och smycken.

Cyanidbadet är det klassiska och ger bäst resultat, men är uteslutet här. Cyanidfria alternativ finns som färdiga koncentrat — tiosulfat- och succinimidbaserade — och fungerar bra i liten skala. Att blanda dem från grunden är sällan mödan värt: silversalterna dominerar kostnaden och färdigbadet innehåller komplexbildare som är svåra att ersätta.

DIREKT PÅ KOPPAR GÅR INTE

Silver fälls ut kemiskt på koppar och mässing utan ström, vilket ger ett löst skikt utan vidhäftning. Lägg ett tunt nickelskikt emellan — det fungerar samtidigt som diffusionsspärr, annars vandrar koppar upp i silvret och gör det gult med tiden.

Silver anlöper av svavel i luften. Efterbehandla med en tarnish-inhibitor, eller acceptera att det mörknar och putsa med recept 18 i Kemiskåpet, som återför silvret utan att nöta bort det.

LEDNINGSFÖRMÅGA

RF

ANLÖPER

GULD, SULFITBASERAT

Cyanidfritt · för kontaktytor och dekor

Au · n = 1

STRÖMTÄTHET 0,1–0,5 A/dm ²	TEMPERATUR 50–60 °C	ANOD Platinerad titan	HASTIGHET 38,1 µm/A/dm ² /h	TYPISK TJOCKLEK 0,1–2 µm
ANMÄRKNING Köp färdigt				

Guld plätas i mikrometerbråkdelar — ett kontaktdon har typiskt 0,2 till 0,8 µm. Det låter försumbart men räcker, eftersom guld inte oxiderar alls. Anoden är olöslig, så guldhalten sjunker medan du kör och badet måste fyllas på.

Nickelspärr under är obligatorisk på koppar. Utan den diffunderar koppar genom det tunna guldsiktet inom månader och ytan blir matt och missfärgad. På elektronik används ofta ENIG — kemisk nickel med tunt immersionsguld — av precis det skälet.

KONTAKTYTOR

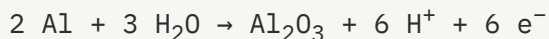
OXIDERAR INTE

TUNT SKIKT

ANODISERING AV ALUMINIUM

Omvänd plätering. Här bygger du inte på metall utan odlar fram ett oxidskikt ur godset självt — och det skiktet är poröst, vilket är hela poängen.

Aluminium har alltid ett tunt naturligt oxidskikt. Anodisering gör det tjockare, hårdare och — avgörande — genomsett av miljontals lodräta porer. Porerna kan sedan fyllas med färg, och därefter förseglas. Färgen sitter alltså *inuti* metallens eget ytskikt, inte ovanpå den. Det är därför en anodiserad detalj inte kan flagna.



Godset är **anod**, till skillnad från vid plätering. Katoden är bly eller aluminium och ska ha ungefär dubbla godsets yta.

SVAVELSYREANODISERING

Al₂O₃

Typ II · det som färgas

ELEKTROLYT 180 g/l H ₂ SO ₄	STRÖMTÄTHET 1,5 A/dm ²	SPÄNNING 15–20 V	TEMPERATUR 20–22 °C	TID 45 min ≈ 20 µm
KATOD Bly eller aluminium				

REGLN SOM GÖR TJOCKLEKEN FÖRUTSÄGBAR

Den amerikanska tumregeln kallas **720-regeln** och räknas i ampere per *kvadratfot*: strömtäthet gånger minuter, delat med 720, ger tjockleken i tusendels tum. Omräknad till begripliga enheter blir den enklare:

$$\text{tjocklek } [\mu\text{m}] \approx j \text{ [A/dm}^2\text{]} \times \text{tid [min]} \times 0,33$$

1,5 A/dm² i 45 minuter ger alltså ungefär 22 µm, vilket är normal tjocklek för typ II. Dubbla tiden ger dubbla tjockleken. Sambandet håller så länge badet hålls vid rätt temperatur — blir det för varmt löses oxiden upp lika fort som den bildas och regeln slutar gälla.

GÅNGEN

1. **Avfetta** alkaliskt, skölj.
2. **Eta** i 50 g/l natriumhydroxid, 50 °C, 1–3 minuter. Ger den matta satinytan. Hoppa över om du vill behålla blank yta.
3. **Desmutta** i 10 % salpetersyra, 1 minut. Tar det svarta legeringsskiktet som lut lämnar kvar.
4. **Anodisera** enligt tabellen. Bubblor stiger från godset hela tiden.
5. **Skölj** i avjoniserat vatten.
6. **Färga** i 60 °C färgbad, 5–15 minuter. Porerna suger.
7. **Försegla** i kokande avjoniserat vatten, 20–30 minuter. Oxiden omvandlas till böhmit, sväller och sluter porerna.

LEGERINGEN BESTÄMMER RESULTATET

6061 och 6082 anodiserar utmärkt. 5000-serien går bra. **2000-serien** med hög kopparhalt ger fläckigt och mörkt, och **gjutlegeringar med silicium** blir gråa till nästan svarta oavsett vad du gör. Är detaljen gjuten: räkna med grått, inte färg.

TEMPERATUREN ÄR KRITISK

Över 25 °C löser svavelsyran upp oxiden lika fort som den bildas, och du får ett mjukt, pudrigt skikt som inte tar färg. Badet värms av sig självt under drift — en femlitershink stiger flera grader på en timme. Kyl med isflaskor i ett vattenbad utanför karet, eller kör kortare pass.

FÄRGNING

- **Textilfärg för polyester** fungerar överraskande bra och är billigast. RIT och liknande. Färgaktheten mot sol är dock måttlig.
- **Anodiseringsfärger** köpta för ändamålet är ljusäkta och ger djupare kulör.

- **Svart** är enklast och tåligast. Röd och gul bleks snabbast i UV.
- **Elektrolytisk infärgning** med tennsalt och växelström ger bronsfärger som är helt ljusäkta — det är så fasadprofiler färgas.

FÖRSEGLINGEN ÄR INTE VALFRI

Oförseglad anodisering suger åt sig fett, fingeravtryck och smuts direkt i porerna, och färgen rinner ur vid första kontakt med vatten. Kokande avjoniserat vatten räcker. Kranvattnets kalk ger en vit slöja — det är den vanligaste besvikelsen i sista steget.

ALUMINIUM

FÄRGBART

SLITSTARKT

KAN INTE FLAGNA

HÅRDANODISERING

Al_2O_3

Typ III · kall och tjock

TEMPERATUR	STRÖMTÄTHET	SPÄNNING	TJOCKLEK	HÅRDHET
0–5 °C	2–4 A/dm ²	40–80 V	25–75 µm	400–600 HV
FÄRG Grå till brunsvart				

Samma elektrolyt, men nära noll grader. Kylan hindrar syran från att lösa upp oxiden medan den bildas, så skiktet blir mycket tätare och hårdare. Priset är att det blir grått eller mörkbrunt av sig självt och knappt går att färga i ljusa kulörer.

Tänk på måttet. Ungefär halva skikttjockleken växer utåt från ursprungsytan. 50 µm hårdanodisering gör detaljen 50 µm större i diameter. På en passning spelar det roll.

Kylningen är den verkliga svårigheten hemma. Utan aktiv kylning av badet blir det typ II med extra steg, inte typ III.

SLITAGESKYDD

MÅTTFÖRÄNDRING

KRÄVER KYLA

10

TITAN OCH NIOB

Dokumentets vackraste kapitel, och det enklaste. Inga färgämnen, inga tillsatser, ingen temperaturkontroll — bara en spänning och tio sekunder.

HUR DET FUNGERAR

Titan bygger ett genomskinligt oxidskikt när det anodiseras. Ljus som träffar ytan reflekteras dels mot oxidens överyta, dels mot metallen under. De två reflektionerna interfererar, och beroende på skiktets tjocklek släcks en viss våglängd ut. Det som blir kvar är färgen du ser. **Det finns inget pigment.** Samma fenomen som ger färg åt en oljefilm på en vattenpöl och åt en anlöpt svetsfog.

Skikttjockleken styrs nästan uteslutande av **spänningen**, och knappt alls av tid eller strömstyrka. Det gör processen självbegränsande: när skiktet nått den tjocklek som motsvarar spänningen slutar strömmen gå och färgen ändras inte mer, hur länge du än väntar. Det är därför den är så förlåtande.

skikttjocklek $\approx 2,5$ nm per volt · färgen varvar runt två gånger upp till 110 V

Eftersom interferens är cyklisk återkommer färgerna. Guld finns både vid ungefär 40 och 85 volt, men med olika skikttjocklek och något olika ton. Skalan högst upp på sidan visar hela serien.

TITANANODISERING

Även niob, tantal och zirkonium

TiO₂

ELEKTROLYT	SPÄNNING	STRÖM	TID	TEMPERATUR
50 g/l TSP	10–110 V DC	Låg, självbegränsande	10–60 s	Rumstemperatur
KATOD Titan eller rostfritt				

ELEKTROLYT

Trinatriumfosfat, 50 g per liter, är standard och ger rena färger. Alternativ som fungerar: bikarbonat 50 g/l, borax, eller Coca-Cola — det sista är inget skämt utan en följd av fosforsyrainnehållet, men ger grumligare kulörer. **Undvik kloridhaltiga elektrolyter** som koksalt: kloriderna angriper oxiden och ger fläckar.

GÅNGEN

1. **Rengör noga.** Avfetta med alkaliskt, skölj, och rör inte ytan efteråt. Fingeravtryck blir permanenta mönster i färgen.
2. **Betning** i utspädd flussyra ger renast färger, men flussyra hör inte hemma i ett hem — skadan känns inte förrän timmar senare. Slipa eller blästra i stället, eller bets i het oxalsyralösning.
3. **Ställ spänningen** innan du doppar. Färgen bestäms i samma ögonblick som godset går i.
4. **Doppa** 10–60 sekunder tills strömmen fallit mot noll.
5. **Skölj och torka.** Ingen försegling behövs — skiktet är tätt.

TVÅ KNEP

Övergångar får du genom att sänka ner godset gradvis medan spänningen höjs, eller genom att doppa i etapper. Resultatet blir band av färg som tonar in i varandra. **Mönster** kan målas med en pensel doppad i elektrolyt, kopplad till plus — då färgas bara det penseln vidrör.

GÅR ATT GÖRA OM, MEN INTE ATT ÅNGRA

Vill du byta färg: höj spänningen, så växer skiktet vidare till nästa kulör. Att gå *nedåt* går inte — skiktet krymper inte. Då måste oxiden bort mekaniskt eller med bets, och du börjar om från blank metall.

110 VOLT LIKSTRÖM

Det här är den enda processen i dokumentet där spänningen i sig kan döda. Ett saltbad leder utmärkt. Håll en hand i fickan, rör aldrig kärlet och godset samtidigt, och slå av strömmen innan du tar upp något. Ett aggregat med strömbegränsning på någon hundradels ampere gör det betydligt säkrare utan att påverka resultatet.

VAD DET ANVÄNDS TILL

- **Smycken** — titan och niob är hypoallergena, till skillnad från nickel.
- **Kirurgiska implantat och instrument**, där färgen används för storleksmärkning.

- **Cykel- och motorcykeldetaljer**, skruv och bultar.
- **Märkning av verktyg** som ska tåla lösningsmedel — färgen är oxid och går inte att torka bort.

INGEN FÄRG INBLANDAD

SJÄLVBEGRÄNSANDE

HYPOALLERGEN

HÖG SPÄNNING

ELEKTROPOLERING

Plätering baklänges. Metall löses av från ytan, och eftersom topparna löses fortare än dalarna blir resultatet en spegel.

ELEKTROPOLERING AV ROSTFRITT

Anodisk upplösning

Fosforsyra och svavelsyra

STRÖMTÄTHET 10–25 A/dm ²	TEMPERATUR 50–70 °C	TID 3–10 min	GODSET Anod (+)	KATOD Bly eller rostfritt
AVVERKNING 5–25 µm				

INGREDIENS	PER LITER	ROLL
Fosforsyra 85 %	700 ml	Bildar det trögflytande skiktet vid ytan
Svavelsyra, koncentrerad	200 ml	Ledningsförmåga
Avjoniserat vatten	100 ml	Bärare

Mekanismen är att ett trögflytande, metallmättat skikt lägger sig i dalarna och isolerar dem, medan topparna sticker upp genom det och löses. Ytan blir slät nedifrån och upp. På rostfritt ger det dessutom ett kromrikt ytskikt, alltså **passivering på köpet**.

HET KONCENTRERAD SYRABLANDNING

Det här är det farligaste badet i dokumentet: nästan ren syra vid 60 °C, med hög strömtäthet och kraftig gasutveckling som drar med sig syraaerosol. Visir, förkläde, handskar och utsug. Blanda alltid syra i vatten, och låt svalna mellan stegen.

Fungerar bäst på rostfritt. Kolstål kräver andra elektrolyter och ger sällan riktig spegel. Aluminium elektroteras i fosfor- och svavelsyra men är känsligare för legering.

SPEGELYTA

PASSIVERAR

AVVERKAR MATERIAL

ELEKTROLYTISK AVROSTNING HÖR HEMMA I DET ANDRA DOKUMENTET

Att ta bort rost med soda och likström är samma familj av processer men kräver ingen utrustning utöver en batteriladdare, och står därför i Kemiskåpet, recept 16. Där finns också varningen som är lätt att

missa: aldrig rostfri anod, eftersom kromet oxideras till sexvärt krom och gör hela badet till farligt avfall.

RÄKNA UT BADET

Ström och tid går att räkna fram exakt. Det är den enda delen av plätering som inte kräver erfarenhet.

SÅ RÄKNAS DET

Faradays lag säger att avsatt massa är proportionell mot laddningen. Skriver man om den till tjocklek per tidsenhet blir den:

$$t \text{ [s]} = (\rho \times d \times n \times F) / (M \times j \times \eta)$$

där ρ är densiteten, d tjockleken, n antalet elektroner per metalljon, F Faradays konstant 96 485 C/mol, M molmassan, j strömtätheten och η strömutbytesverkningsgraden. Verkningsgraden är den enda term som inte är en naturkonstant — en del av strömmen går till vätgasutveckling i stället för till metall, och hur mycket beror på bad och skötsel.

ATT MÄTA YTAN

Ytan är det folk slarvar med, och ett fel här slår rakt igenom. Kom ihåg **båda sidor** av plana detaljer, och att en skruv har betydligt större yta än den ser ut att ha på grund av gängorna — räkna med ungefär det dubbla mot en slät cylinder. Är du osäker: gissa högt. För låg strömtäthet ger ett långsammare men användbart resultat; för hög ger brända kanter som inte går att rädda.

TYPISKA TJOCKLEKAR

VAD MAN BRUKAR LÄGGA PÅ		
ANVÄNDNING	SKIKT	TJOCKLEK
Skruv och beslag inomhus	Zink + blå passivering	5–8 µm
Utomhus, väderutsatt	Zink + oliv eller tätning	12–25 µm
Dekorativt, under krom	Koppar + nickel	15 + 10 µm
Slitageyta	Kemisk nickel, härdad	25–50 µm
Lödbar yta	Tenn	5–10 µm
Kontaktdon	Nickel + guld	3 + 0,2–0,8 µm
RF-ledare	Silver	5–10 µm
Anodisering typ II	Al ₂ O ₃	15–25 µm

ANVÄNDNING	SKIKT	TJOCKLEK
Anodisering typ III	Al ₂ O ₃	25–75 μm

FELSÖKNING

Ordnat efter hur ytan ser ut, för det är det du har framför dig. Orsaken kommer i andra hand.

PLÄTERING		
SYM TOM	TROLIG ORSAK	ÅTGÄRD
Beläggningen flagar eller går att skrapa av	Förbehandlingsfel — fett kvar, eller oxidskikt som hann återbildas	Gör om från avfettning. Kortare tid mellan betning och bad.
Blåsor under skiktet	Väte instängt, eller kvarvarande fett i porer	Sänk strömtätheten, avfetta elektrolytiskt, avspänn enligt ASTM B850.
Mörka, brända kanter och hörn	För hög strömtäthet lokalt	Tjuvkatod vid kanten, större anodavstånd, mer omrörning.
Grå, pulverig yta överallt	För hög strömtäthet totalt, eller för låg metallhalt	Räkna om ytan. Kontrollera badets koncentration.
Matt där det skulle vara blankt	Ljusbättrearen förbrukad	Fyll på. De förbrukas proportionellt mot laddningen, inte mot tiden.
Nålstick, små hål	Vätgasbubblor som fastnat, eller partiklar	Vätmedel i badet, filtrera, öka omrörningen.
Ingen beläggning i hålrum	Dålig kastförmåga	Hjälpanod inne i håligheten, eller byt till kemisk nickel.
Ojämn tjocklek sida mot sida	Bara en anod	Anoder på båda sidor, vänd godset halvvägs.
Beläggningen växer inte alls	Dålig kontakt, passiverad anod, eller polvändning	Kontrollera att godset sitter på minus. Borsta anoden.
Brunröd, lös hinna direkt vid doppning	Kemisk utfällning — surt kopparbad på järn eller zink	Lägg alkalisk koppar eller nickel först.
Badet blir grumligt och grönt	Järnförening från tappat gods	Höj pH till 5, lufta, filtrera, sänk tillbaka.
Ränder som följer strömriktningen	För svag omrörning	Luftpump eller rör godset under körning.
Pläterad fjäder går av dagar senare	Väteförsprödning	Avspänn i 190–220 °C i 8–22 timmar direkt efter plätering, längre tid ju hårdare stål. Går inte att laga i efterhand.

ANODISERING		
SYM TOM	TROLIG ORSAK	ÅTGÄRD

SYMPTOM	TROLIG ORSAK	ÅTGÄRD
Mjukt, pudrigt skikt som gnids bort	Badet för varmt — syran löser oxiden lika fort som den bildas	Kyl till 20 °C. Kontrollera under hela körningen, inte bara i början.
Färgen rinner ur vid sköljning	Otillräcklig eller utebliven försegling	Koka 20–30 min i avjoniserat vatten.
Vit slöja efter försegling	Kalk ur kranvattnet	Avjoniserat vatten i sista steget.
Fläckig eller mörk färg	Legeringen — koppar i 2000-serien, silicium i gjutgods	Går inte att åtgärda. Välj 6061 eller 6082 om färgen spelar roll.
Bränt eller uppätet vid upphängningen	Strömkoncentration i kontaktpunkten	Titanfjäder med större kontaktyta, eller flera kontaktpunkter.
Ingen färg alls på titan	Oxidskiktet fanns redan, eller kloridhaltig elektrolyt	Bets ytan. Byt från koksalt till trinatriumfosfat.
Titanfärgen blev ojämn eller fläckig	Fingeravtryck, eller ojämn nedsänkning	Avfetta noga. Doppa i ett svep, inte gradvis.
Fel färg på titan trots rätt spänning	Spänningsfall i sladdar och kontakter	Mät över godset, inte på aggregatets display.

AVFALL OCH REGLER

- **Ingenting av det här får gå i avloppet.** Nickel, koppar, zink och tenn är vattenmiljöfarliga i låga halter, och reningsverket kan inte ta bort dem — de hamnar i slammet och därifrån på åkrar.
- **Fäll ut metallerna** ur förbrukade bad och sköljvatten: höj pH till 9–10 med soda eller kalk, låt hydroxiderna sedimentera, dekantera av vattnet och lämna slammet som farligt avfall. Volymen blir en bråkdel.
- **Lämna som farligt avfall** på återvinningscentralen, tydligt märkt med innehåll. Ring i förväg om det rör sig om mer än några liter.
- **Sköljkaskad** minskar avfallsvolymen mer än något annat enskilt grepp.
- Kemikalieinspektionen har krav på förvaring och märkning även för privatpersoner. Nickelsalter och kromföreningar är de som är mest reglerade.

Om dokumentet. En sammanställning för hobbybruk. Baden är beskrivna som de brukar se ut i litteraturen, men koncentrationer och tillsatser varierar mellan leverantörer — följ alltid produktens egen anvisning där sådan finns, och läs säkerhetsdatabladet innan du öppnar förpackningen.

Ansvar. Här förekommer koncentrerade syror, starkt alkaliska bad, giftiga metallsalter och spänningar som kan döda. Du arbetar på eget ansvar och ansvarar själv för avfall, förvaring och de regler som gäller där du bor.

Vid olycka. Giftinformationscentralen **010-456 6700** dygnet runt, **112** vid akut fara.

Systerdokument, samma form och samma ambition:

Kemiskåpet — hushålls- och verkstadskemi

Limmet — lim, fogmassa och vidhäftning

Lödningen — mjuk- och hårdlödning

Plasterna — plastidentifiering och materialval

Alla fem finns samlade i Bänkboken på kan-sjalv.se.

Fel och tillägg tas emot tacksamt, på hej@kan-sjalv.se. Innehållet får spridas med angivande av källa (CC BY 4.0).

Version 1.0 · senast ändrad 8 augusti 2026 · Sebastian Almberg · [alla ändringar](#) · [hämta som PDF](#)