

**3.1 Beitsen en etsen**

- 3.1.1 Afroesten
- 3.1.2 Beitsen van staal
  - 3.1.2.1 Beitsen van staal in zoutzuur
  - 3.1.2.2 Uitvoering van het beitsen van staal in zoutzuur
  - 3.1.2.3 Beitsremmen
  - 3.1.2.4 Beitsen van staal in zwavelzuur
  - 3.1.2.5 Uitvoering van het beitsen van staal in zwavelzuur
  - 3.1.2.6 Beitsen van staal in fosforzuur
  - 3.1.2.7 Uitvoering van het beitsen van staal in fosforzuur
  - 3.1.2.8 Zuurterugwinning door middel van retardatie
  - 3.1.2.9 Beitsen van staal in andere zuren
  - 3.1.2.10 Beitsen met beitspasta
  - 3.1.2.11 Beitsen van gietijzer
  - 3.1.2.12 Etsen van staal
- 3.1.3 Beitsen en etsen van aluminium
  - 3.1.3.1 Beitsen van aluminium in loog
  - 3.1.3.2 Salpeterzuurbehandeling na het beitsen in loog
  - 3.1.3.3 Toevoegingen aan loogbeitsbaden
  - 3.1.3.4 Egaliserend beitsen van aluminium
  - 3.1.3.5 Beitsontvetten
  - 3.1.3.6 Beitsmiddelen op basis van fosforzuur
  - 3.1.3.7 Beitsen in chroomzuur-zwavelzuur
  - 3.1.2.8 Beitsen in salpeterzuur-fluorwaterstofzuur
  - 3.1.3.9 Decoratief etsen
  - 3.1.3.10 Etsen voor lijmen
  - 3.1.3.11 Etsen voor puntlassen
  - 3.1.3.12 Etsen van aluminium offsetplaten
  - 3.1.3.13 Etsen voor het aanbrengen van PTFE
- 3.1.4 Beitsen en etsen van koper en koperlegeringen
  - 3.1.4.1 Zwavelzuurbeitsmiddelen
  - 3.1.4.2 Salpeterzuurbeitsbaden
  - 3.1.4.3 Andere beitsbaden voor koper
  - 3.1.4.4 Etsen van koper
  - 3.1.4.5 Etsen van koper in de elektronica
  - 3.1.4.6 IJzerchloride etsmiddelen
  - 3.1.4.7 Koper (II) chloride als etsmiddel
  - 3.1.4.8 Ammoniumpersulfaatetsen
  - 3.1.4.9 Etsen in chroomzuur-zwavelzuur
  - 3.1.4.10 Etsen in zwavelzuur-waterstofperoxide
  - 3.1.4.11 Alkalische etsmiddelen
  - 3.1.4.12 Etsen in de grafische industrie
- 3.1.5 Beitsen en etsen van roestvast staal
  - 3.1.5.1 Beitsen van roestvast staal
  - 3.1.5.2 Beitsmiddelen op basis van salpeterzuur-fluorwaterstofzuur
  - 3.1.5.3 Beitsmiddelen op basis van zwavelzuur
  - 3.1.5.4 Beitsmiddelen op basis van zoutzuur

- .....
- 3.1.5.5 Beitsmiddelen op basis van ijzer (III) sulfaat
  - 3.1.5.6 Beitsen van austenitisch roestvast staal
  - 3.1.5.7 Beitsen van ferritisch en martensitisch roestvast staal
  - 3.1.5.8 Elektrolytisch beitsen van roestvast staal
  - 3.1.5.9 De beitselij voor roestvast staal
  - 3.1.5.10 Uitvoering van het beitsproces
  - 3.1.5.11 Beitspasta en gesmolten zout
  - 3.1.5.12 Passiveren
  - 3.1.5.13 Nut van passiveren
  - 3.1.5.14 Etsen van roestvast staal
  - 3.1.6 Beitsen en etsen van zink
  - 3.1.7 Beitsen en etsen van magnesium
  - 3.1.8 Beitsen van nikkel en nikkellegeringen
  - 3.1.9 Beitsen van tin
  - 3.1.10 Beitsen van lood
  - 3.1.11 Beitsen van beryllium
  - 3.1.12 Beitsen van silicium
  - 3.1.13 Beitsen van molybdeen en wolfram
  - 3.1.14 Beitsen van vanadium, niobium en tantaal
  - 3.1.15 Beitsen van titaan, zirkoon en hafnium
  - 3.1.16 Beitsen van thorium en uraan
  - 3.1.17 Fosforzure metaalreinigers
  - 3.1.18 Activeren
  - 3.1.19 Beitsinstallaties
  - 3.1.19.1 Dompelbeitsbaden
  - 3.1.19.2 Beitstrommels
  - 3.1.19.3 Continue beitsinstallaties

## **3.2 Chemisch glanzen en polijsten**

- 3.2.1 Chemisch glanzen en polijsten van staal
- 3.2.2 Chemisch glanzen en polijsten van aluminium
- 3.2.3 Chemisch glanzen en polijsten van koper en koperlegeringen
- 3.2.4 Chemisch glanzen van roestvast staal
- 3.2.5 Chemisch glanzen en polijsten van zink (en cadmium)
- 3.2.6 Chemisch glanzen en polijsten van magnesium
- 3.2.7 Chemisch glanzen en polijsten van nikkel
- 3.2.8 Chemisch glanzen en polijsten van zilver
- 3.2.9 Chemisch glanzen en polijsten van lood
- 3.2.10 Chemisch glanzen en polijsten van beryllium
- 3.2.11 Chemisch glanzen en polijsten van titaan
- 3.2.12 Chemisch glanzen en polijsten van zirkoon
- 3.2.13 Chemisch glanzen en polijsten van tantaal
- 3.2.14 Chemisch glanzen en polijsten van germanium



### **3.3. Elektrolytisch glanzen en polijsten**

- 3.3.1 Elektrolytisch polijsten van staal
- 3.3.2 Elektrolytisch polijsten van aluminium
- 3.3.3 Elektrolytisch polijsten van koper en koperlegeringen
- 3.3.4 Elektrolytisch polijsten van roestvast staal
- 3.3.4.1 Uitvoering van elektrochemisch polijsten
- 3.3.4.2 Installatie voor elektrochemisch polijsten
- 3.3.5 Elektrolytisch polijsten van zink
- 3.3.6 Elektrolytisch polijsten van nikkel en nikkellegeringen
- 3.3.7 Elektrolytisch polijsten van zilver
- 3.3.8 Elektrolytisch polijsten van goud
- 3.3.9 Elektrolytisch polijsten van lood
- 3.3.10 Elektrolytisch polijsten van tin
- 3.3.11 Elektrolytisch polijsten van cadmium
- 3.3.12 Elektrolytisch polijsten van chroom
- 3.3.13 Elektrolytisch polijsten van titaan
- 3.3.14 Elektrolytisch polijsten van tantaal
- 3.3.15 Elektrolytisch polijsten van zirkoon en hafnium
- 3.3.16 Elektrolytisch polijsten van thorium
- 3.3.17 Elektrolytisch polijsten van uraan
- 3.3.18 Elektrolytisch polijsten van plutonium en alle andere metallische transuranen
- 3.3.19 Wisselstroomprocessen voor het elektrolytisch glanzen en polijsten van metalen
- 3.3.20 Wisselstroom polijsten van koolstofstaal
- 3.3.21 Wisselstroom polijsten van aluminium
- 3.3.22 Wisselstroom polijsten van roestvast staal
- 3.3.23 Wisselstroom polijsten van nikkel
- 3.3.24 Wisselstroom polijsten van tin
- 3.3.25 Wisselstroom polijsten van zilver
- 3.3.26 Wisselstroom polijsten van goud

### **3.4. Ontbramen**

- 3.4.1 Chemisch ontbramen
- 3.4.2 Elektrolytisch ontbramen
- 3.4.3 Thermisch ontbramen

### **3.5 Diepetsen**

- 3.5.1 Afdekken
- 3.5.2 Naamplaten
- 3.5.3 Zeefgaas
- 3.5.4 Etsen in de kunstnijverheid

### **3.6 Chemisch frezen**

### **3.7 Elektrochemisch frezen**



.....

### 3 CHEMISCHE OPPERVLAKTEBEHANDELINGEN

De chemische oppervlakbehandelingen die in dit hoofdstuk ter sprake komen zijn:

- beitsen (Engels: pickling, Duits: Beitzen, Frans: décapage)
- etsen (Engels: etching, Duits: Aetzen, Frans: attaque à l'acide)
- chemisch polijsten (Engels: chemical polishing, Duits: chemisches Polieren, Frans: polissage chimique)
- elektrochemisch polijsten (Engels: electropolishing, Duits: elektrochemisches Polieren, Frans: polissage électrochimique)
- ontbramen (Engels: deburring, Duits: Entgraten, Frans: débavurer)
- diepetsen (Engels: deep etching, Duits: Tiefätzen, Frans: gravure profonde)
- chemisch frezen (Engels: chemical milling, Duits: chemisches Fräsen, Frans: fraissage chimique)

#### 3.1 BEITSEN EN ETSEN

Beitsen en etsen zijn bewerkingen, waarbij het metaaloppervlak door een geschikt, voor dat metaal agressief middel, meestal een zuur, wordt aangetast met het doel een gelijkmatig schoon en chemisch reactief metaaloppervlak te verkrijgen.

Corrosieproducten, wals- en gloeihuid, soms ook conversielagen en vreemde metaallagen worden daarbij verwijderd.

Wanneer het verwijderen van oxidelagen en corrosieproducten het hoofddoel van de bewerking is, worden veelal toevoegingen gebruikt (beitsremmen), die de aantasting van het metaal beperken.

Soms echter wenst men een bepaalde materiaalafname, bijvoorbeeld bij het emaileren, hoofdstuk 14, of om een bepaalde mattering, dan wel verruwing te verkrijgen.

Om een gelijkmatige inwerking van het beitsmiddel op het metaal te verkrijgen verdient het aanbeveling de voorwerpen vóór het beitsen te ontvetten, hoewel dit voor ruw werk en nieuw materiaal, dat maar weinig verontreinigd is, vaak wordt nagelaten. De mate van vervuiling speelt hierbij een rol.

De beitsbewerking moet niet langer duren dan nodig is om het gewenste effect te verkrijgen, omdat anders te grote metaalverliezen en een te snelle uitputting van het beitsmiddel optreden.

Hoewel meestal chemisch wordt gebeitst bestaan er ook elektrolytische beitsprocessen.

Voor gesmolten zoutprocessen, zie 2.14.2.

Onder etsen verstaat men als regel minder intensieve bewerkingen, die vaak plaatselijk een zekere opruwing of glans geven, bijvoorbeeld voor een galvanische bewerking, of bij de vervaardiging van gedrukte bedradingen (printplaten) om de overmaat koper te verwijderen, zodat het sporenpatroon wordt gevormd.

.....

Omdat achtergebleven resten beits- en etsmiddel agressief zijn moet men na deze bewerkingen goed spoelen, meestal met water. De chemische bewerkingen die na het beitsen komen moet men veelal direct aansluitend uitvoeren om (schadelijk) indrogen te voorkomen.

Er worden in de literatuur zeer veel beits- en etsprocessen en -middelen daarvoor beschreven, die veelal slechts op ondergeschikte punten van elkaar afwijken. Van dit zeer grote aantal worden in de Vademecum slechts dié procédés behandeld, welke een ruimere toepassing hebben gevonden.

### 3.1.1 AFROESTEN

Vroeger was het in de scheepsbouw en in de constructiebouw gebruikelijk walshuid van warm gewalst materiaal eerst te laten afroesten, dat wil zeggen het materiaal lange tijd buiten op te slaan, waardoor onder invloed van de weersomstandigheden de harde, gladde laag walshuid werd omgezet in een losse, poreuze roestlaag. De opslagtermijn varieerde van een half jaar tot twee jaar. Na afloop van deze tijd kon het grootste deel van de ontstane roest gemakkelijk met behulp van staalborstels of bikhamers worden verwijderd. Afstralen (toen zandstralen) van de losse roest was ook mogelijk, maar werd weinig toegepast.

Na hetgeen in hoofdstuk 1 is gezegd zal het duidelijk zijn dat deze methode op technische gronden moet worden afgekeurd. De mechanische reiniging die na afroesten wordt toegepast is nooit volledig, zie 1.5.7. Verse walshuid is omgezet in oude roest met geadsorbeerde verontreinigingen. Er zijn nog enige andere nadelen aan deze methode verbonden. De laag walshuid is tamelijk glad en het onderliggende metaal is dit ook. Als men het geruime tijd laat roesten, ontstaan diepe putten en kraters in het grondmateriaal die de kwaliteit ervan nadelig beïnvloeden. Goed staal van de klassen A en B van ISO 8501, tabel 1.15 is omgezet in veel minder goed staal in de klasse D.

Andere nadelen zijn het grote renteverlies door het lange tijd laten liggen van kostbaar materiaal en de ruimte die het materiaal in beslag neemt. Nu goede mechanische en chemische reinigingsmethoden beschikbaar zijn voor het verwijderen van walshuid, moet afroesten gevolgd door mechanisch reinigen dan ook als een slechte, verouderde en achterhaalde methode worden beschouwd.

.....

### 3.1.2 BEITSEN VAN STAAL

De voornaamste beitsmiddelen voor staal zijn zoutzuur, zwavelzuur en fosforzuur, tabel 3.1, aan het eind van 3.1.2.7. Daarnaast vinden in beperkte mate toepassing sulfaminezuur, citroenzuur, azijnzuur, zuur natriumsulfaat (natriumwaterstofsulfaat) en beitspasta's.

De bij de inwerking van het zuur gevormde waterstof kan in atomaire vorm in het staal worden opgenomen en beitsbrosheid (eigenlijk waterstofbrosheid) veroorzaken.

Door het toevoegen van een beitsrem, een inhibitor, die de reactie zuur-metaal vertraagt ten opzichte van de reactie zuur-metaaloxide, kan de waterstofvorming en daarmee het gevaar voor waterstofbrosheid worden verminderd. Bovendien spaart een beitsrem zowel metaal als beitszuur, zonder de beitsijd belangrijk te verlengen. De reactie zuur-metaaloxide wordt door de toevoeging van een beitsrem maar weinig vertraagd.

Vaak wordt direct aansluitend aan de beitsbewerking 'nabeitsen' toegepast, eigenlijk passiveren in een 0,5-2% fosforzuuroplossing; zie hoofdstuk 12. Men onderscheidt al naar het zuur dat voor de eerste beitsing werd gebruikt de zoutzuur-fosforzuurmethode, de zwavelzuur-fosforzuurmethode en de fosforzuur-fosforzuurmethode.

Omdat in de praktijk na het beitsen in zoutzuur en in zwavelzuur maar zelden voldoende wordt gespoeld leidt alleen de fosforzuur-fosforzuurmethode tot een redelijk resultaat.

Het passieverlaagje (fosfaatlaagje) is erg bescheiden en dit nabeitsen moet dan ook niet als 'fosfateren' worden aangeduid; dat is het niet.

### 3.1.2.1 BEITSEN VAN STAAL IN ZOUTZUUR

Zoutzuur wordt in de chemie voorgesteld door de formule HCl, chloorwaterstof, of juister waterstofchloride. Chloorwaterstof is een gas dat goed in water oplosbaar is. Deze oplossing in water heet zoutzuur.

*Voordelen:*

- Beitsen van staal in zoutzuur kan bij kamertemperatuur plaatsvinden. (Geheel gesloten continu werkende bandbeitsinstallaties werken met heet zoutzuur). De methode van koud beitsen is vooral geschikt voor het verwijderen van roest. Het zuur blijft ook na gebruik behoorlijk actief. Warm beitsen in zoutzuur verwijdert ook walshuid en gloeihuid.
- De gevormde ijzerchloriden zijn goed oplosbaar, goed afspoelbaar en kunnen gedeeltelijk werken als vloeimiddel bij thermisch verzinken.
- De installaties zijn goedkoop, daar meestal geen verwarming wordt toegepast.
- Er zijn effectieve beitsremmen beschikbaar, waardoor de waterstofvorming sterk kan worden onderdrukt, zodat weinig kans op beitsbrosheid bestaat en het staal weinig wordt aangetast.
- Het gebeitste metaaloppervlak is glad.

.....

*Nadelen:*

- Zoutzuur is vluchtig, waardoor corrosie aan installaties en gebouwen optreedt.
- Het gebeitste staal is zeer reactief, waardoor gemakkelijk vliegroest ontstaat (soms reeds na een paar minuten). Goed naspoelen en eventueel neutraliseren zijn beslist nodig om dit te voorkomen.
- Gecomplliceerde voorwerpen kunnen niet goed gespoeld worden en zijn derhalve niet geschikt om in zoutzuur te worden gebeitst.
- Beitsen in zoutzuur is minder geschikt als daarna gefosfateerd of gelakt moet worden, omdat in de praktijk de spoelbewerkingen meestal onvoldoende worden uitgevoerd.
- De zoutzuur-fosforzuurmethode, zie ook hoofdstuk 12, leidt om dezelfde reden in de praktijk vaak tot minder goede resultaten door achtergebleven resten zoutzuur.

### **3.1.2.2 UITVOERING VAN HET BEITSEN VAN STAAL IN ZOUTZUUR**

De geconcentreerde oplossing van chloorwaterstof in water (het 'sterke zoutzuur') is in zuivere toestand een kleurloze vloeistof met een scherpe, stekende geur, in een concentratie van 38 gew% en een dichtheid van 1,18, die aan de lucht blootgesteld duidelijk dampt.

Door geringe hoeveelheden ijzer krijgt zoutzuur een gele kleur; hierdoor wordt de goede beitswerking niet beïnvloed.

Bij het werken met zoutzuur moet men veiligheidsmaatregelen nemen evenals bij het werken met zwavelzuur. Omdat zoutzuur sterk dampt moet tevens voor adembescherming worden gezorgd.

Het zuur wordt bij het verdunnen warm, maar niet zo heet als zwavelzuur. Ondanks de nogal indrukwekkende lijst van nadelen wordt zoutzuur in de praktijk toch veel gebruikt voor het beitsen van staal, voornamelijk omdat hierbij geen verwarming noodzakelijk is.

De diverse nadelen worden dan op de koop toe genomen.

Bij het beitsen van ijzer of staal in zoutzuur is de beginconcentratie meestal 15 gew%.

Het gehalte aan opgelost ijzer in zoutzuurbeitsbaden moet niet hoger worden dan 60 g/l.

Nadat het gebeitste materiaal uit het bad is genomen moet dit kort de gelegenheid krijgen uit te lekken voordat het in het spoelbad wordt gebracht, dit om sterke verontreiniging van het eerste spoelbad te voorkomen. In verband met de sterke neiging tot de vorming van vliegroest, zowel veroorzaakt door de agressiviteit van de gevormde ijzerzouten, door de aanwezige zoutzuurdamp als door de reactiviteit van het vers gebeitste materiaal, moet het spoelen zeer grondig gebeuren.

Vaak wordt aanbevolen na het beitsen in zoutzuur en éénmaal spoelen te neutraliseren, bijvoorbeeld in een 2% soda-oplossing.

Een veel verbreide misvatting is dat door dit neutraliseren een deel van het spoelen zou kunnen vervallen. Bij het aanbrengen van een verfsysteem of bij het fosfateren is dit geenszins het geval!

.....

### 3.1.2.3 BEITSREMMEN

Onder een beitsrem verstaat men een toevoeging aan een beitszuur die ten doel heeft de ongewenste aantasting van het metaal zoveel mogelijk af te remmen en de gewenste aantasting van de oxiden zo veel mogelijk ongemoeid te laten. De ideale situatie, namelijk dat het metaal in het geheel niet wordt aangetast en dat de oplosnelheid van de oxiden geheel ongemoeid wordt gelaten, wordt bij de toepassing van beitsremmen nooit bereikt. Er blijft, afhankelijk van de concentratie van de beitsrem die wordt toegevoegd, altijd nog een zekere restaantasting van het grondmetaal over en eveneens afhankelijk van de concentratie wordt de aantasting van oxiden in zekere mate vertraagd.

De consequentie hiervan is dat men naast het zorgvuldig kiezen van het type beitsrem ook bij het vaststellen van de concentratie ervan moet streven naar een optimaal compromis.

### 3.1.2.4 BEITSEN VAN STAAL IN ZWAVELZUUR

Zwavel ontstaat in toenemende hoeveelheden bij het ontzwavelen van aardolie en aardgas.

Daarmee kan zwavelzuur worden vervaardigd. Zwavelverbindingen ontstaan ook bij het roosten van zwavelhoudende ertsen en bij het reinigen van verbrandingsgassen.

Evenals zoutzuur is zwavelzuur een goedkoop zuur.

*Voordelen van het beitsen in zwavelzuur:*

- Beitsen in zwavelzuur wordt vaak beschouwd als een goedkope methode.
- Zwavelzuur is niet vluchtig, derhalve ontstaat minder corrosie in de omgeving van het beitsbad. De beitsnevel (fijne druppeltjes) veroorzaakt echter wél corrosie.
- Verwarmd zwavelzuur verwijdert de walshuid op effectieve wijze door het oplossen van de onderste laag van de walshuid, waardoor de bovenste lagen worden losgedrukt. De losgekomen oxideschilfers moeten regelmatig worden verwijderd, omdat ze langzaam in het beitszuur oplossen en dan toch weer zuur gebruiken.
- De meeste roestsoorten lossen redelijk snel op in zwavelzuur.
- Opgeloste ijzertzouten bevorderen tot een bepaalde concentratie de goede beitswerking.
- Men kan bij hoge temperatuur beitsen, waardoor kortere beitstijden ontstaan.
- Regeneratie van de beitsbaden is tamelijk eenvoudig.

*Nadelen:*

- Het zwavelzuurbeitsbad moet verwarmd worden; dit houdt in een duurdere installatie en meer energieverbruik.
  - De gevormde ijzersulfaten kunnen, indien bij hogere temperatuur gebeitst wordt, vóór het spoelen op het metaal indrogen, waardoor zij nog maar moeilijk kunnen worden afgespoeld.
- Resten ijzersulfaat onder een verfsysteem leiden tot blaarvorming, roestpukels en onderroest.



- De verwijdering van walshuid wordt ondersteund door de waterstofontwikkeling die de bovenste lagen losdrukt. Waterstofontwikkeling is essentieel voor het proces, zodat alleen een beitsrem met verminderde werking kan worden gebruikt. Het gevaar voor beitsbrosheid is daarom bij deze methode groot.  
Gebruikt men wèl een beitsrem, dan duurt het beitsen langer.
- De zwavelzuur-fosforzuurmethode leidt, indien niet zeer goed gespoeld wordt, tot onderroest.

### 3.1.2.5 UITVOERING VAN HET BEITSEN VAN STAAL IN ZWAVELZUUR

Zwavelzuur  $H_2SO_4$  is een zeer sterk zuur. Het is in zuivere toestand een waterheldere, stroperige vloeistof. Verontreinigingen in het zwavelzuur kunnen van invloed zijn op deze helderheid. Zo zal ijzersulfaat aan dit zuur een opaliserende witte, ondoorschijnende kleur geven, evenals loodsulfaat.

Organische verontreiniging in het geconcentreerde zuur kleuren dit bruin en zelfs zwart. Deze kleur wordt veroorzaakt door kleine hoeveelheden kool, ontstaan uit organisch materiaal zoals rubber, olie, vet en stro. Over het algemeen wordt de bruikbaarheid van het zwavelzuur als beitszuur hierdoor niet nadelig beïnvloed.

De normale handelsconcentratie van geconcentreerd zwavelzuur is 96 gew%,  $d = 1,84$ , ook nog wel aangeduid als 66° Bé, graden Baumé, een verouderde maat die in de handel nog wel wordt gehanteerd.

Transport en opslag van dit geconcentreerde zwavelzuur kunnen geschieden in stalen tanks. Geconcentreerd zwavelzuur werkt niet op staal in omdat het niet geïoniseerd is.

Echter moet worden voorkomen dat vochtige lucht de tank binnenkomt, omdat hierdoor plaatselijk minder geconcentreerd zuur kan worden gevormd, zodat het ijzer in de tank wèl wordt aangetast. De hoge concentratie maakt dit zuur goedkoop in transport en opslag.

Zwavelzuur tast de oxiden magnetiet,  $Fe_3O_4$ , en ijzer(III)oxide,  $Fe_2O_3$ , langzaam aan. Het zuur dringt echter door de scheuren in de walshuid door tot op het metaaloppervlak en tast daar de laag ijzer(II)oxide,  $FeO$ , snel aan. De walshuid wordt daardoor als het ware ondergraven. Bovendien tast het zuur het staaloppervlak aan, waardoor waterstofontwikkeling ontstaat. De ontstane waterstof bevordert het losdrukken van schilfers walshuid die in de vorm van slib op de bodem na het bad komen te liggen.

Ook bij het beitsen van staal, dat geroest is, bevordert de waterstofontwikkeling van het grondmateriaal het loskomen van roest in de vorm van slib.

De concentratie van zwavelzuur in het beitsbad varieert tussen 5 en 25 gew%, afhankelijk van het te behandelen materiaal. Het bad dient bij voorkeur een temperatuur te hebben van 50-60 °C.

Indien nodig kan ook gebeitst worden met een concentratie van 3,5 à 5 gew% zwavelzuur, mits de temperatuur van het beitsbad 60-85 °C bedraagt en als een beitsrem wordt gebruikt die deze hogere temperaturen kan verdragen. Het gehalte aan opgelost ijzer mag in het beitsbad niet hoger worden dan 70 g/l.

.....

De oplosbaarheid van hamerslag wordt door een kleine hoeveelheid ijzer(II)sulfaat bevorderd tot een sulfaatgehalte van ongeveer 15 g/l. De oplosbaarheid van ijzermetaal wordt verminderd tot een gehalte van 50 g/l ijzer(II)sulfaat. Hogere concentraties aan ijzersulfaat in het beitsbad geven een veel langere beitsijd.

Het beitsproces verloopt in het algemeen het best in een beitsbad met een zwavelzuurgehalte van 8 gew% en ijzer(II)sulfaatgehalte van 10 g/l, overeenkomend met een ijzergehalte van 3,7 g/l.

Het beitsbad moet verversd wanneer het gehalte aan sediment (bezinksel) en de concentratie van het opgeloste ijzer het beitsproces belemmeren, of wanneer het materiaal in verontreinigde toestand het bad verlaat.

Na het beitsen in zwavelzuur moet grondig worden gespoeld in schoon stromend water. Resten zwavelzuur, die op het metaaloppervlak achterblijven, veroorzaken niet alleen snel vliegroest, maar ze zijn zeer schadelijk voor de levensduur van een verfsysteem, dat op een dergelijk verontreinigd oppervlak wordt aangebracht.

### 3.1.2.6 BEITSEN VAN STAAL IN FOSFORZUUR

Fosforzuur,  $H_3PO_4$ , is een matig sterk zuur. Het is in zuivere toestand een witte, gekristalliseerde stof, die echter gemakkelijk aan de lucht vervloeiëet door het opnemen van waterdamp. Meestal wordt fosforzuur dan ook in vloeibare toestand geleverd. Het is in de handel verkrijgbaar in concentraties van 30, 70, 75 en 85 gew%.

#### *Voordelen:*

- Fosforzuur is het minst gevaarlijke van de drie zuren, zowel voor de mens als voor het te behandelen staal.
- Fosforzuur ontwikkelt geen schadelijke of agressieve dampen.
- Bij gebruik van fosforzuur bestaat geen gevaar voor roestvorming. Dit is het voornaamste voordeel van beitsen in fosforzuur.
- De methode is geschikt voor gecompliceerde, moeilijk afspoelbare voorwerpen, waarin eventueel resten beitszuur kunnen achterblijven.
- Beitsen in fosforzuur is de meest geschikte voorbehandeling voor het fosfateren en lakken.
- Sommige leveranciers nemen onder bepaalde voorwaarden het afgewerkte fosforzuur terug zonder kosten, zodat men geen afvoerkosten heeft. Het zuur moet dan wel aan bepaalde eisen voldoen, evenals de transportapparatuur (slangkoppelingen bijvoorbeeld).

#### *Nadelen:*

- Fosforzuur is het duurst van de drie genoemde zuren. Door regeneratie met zwavelzuur kunnen de zuurkosten echter worden verminderd. Dit is alleen lonend voor grotere installaties.
- Het beitsen moet plaatsvinden in warm tot heet beitszuur, dit houdt in een duurdere installatie en meer energieverbruik.
- Het maximum toelaatbare ijzergehalte is lager dan bij de andere zuren, waardoor het zuurverbruik hoger is.

.....

### 3.1.2.7 UITVOERING VAN HET BEITSEN VAN STAAL IN FOSFORZUUR

Bij verwarming geeft fosforzuur waterdamp af aan de omgeving, doch het gaat zelf niet in dampvorm over, zodat het geen schadelijke dampen verspreidt. Bij het beitsen ontstaat wel enige geur, zodat men de baden moet afzuigen.

Contact van fosforzuur in verdunde toestand met de huid en met de kleding is tamelijk onschuldig, zodat het veel veiliger is om ermee te werken dan zwavelzuur en zoutzuur.

De beitswerking van fosforzuur is geringer dan van zwavelzuur of zoutzuur. Dit houdt in een langere beitsijd, maar ook minder gevaar voor waterstofbrosheid, vorming van beitsblaren, haarscheurtjes en koolstofafscheiding.

De beitsijd in fosforzuur kan worden verkort door de temperatuur van het bad te verhogen. In de praktijk worden beits temperaturen tussen omgevingstemperatuur en 80 °C toegepast.

Men beist met een aanvangsconcentratie van het fosforzuur van 15 gew%.

Het bad is uitgewerkt wanneer de zuurconcentratie is gedaald beneden 7 gew% en wanneer het ijzergehalte is gestegen tot boven 40 g/l.

Aangezien het ijzergehalte een grotere invloed heeft op de beitsnelheid dan het zuurgehalte verdient het aanbeveling een uitgewerkt fosforzuurbeitsbad geheel te verversen en niet te versterken met fosforzuur.

Wegens milieuredenen (fosfaatlozing) en omdat het beitsen in fosforzuur duurer is dan het beitsen in andere zuren, heeft men naar methoden gezocht om het verbruikte fosforzuur weer terug te winnen. Dit is mogelijk met behulp van ionenwisselaar. Een ionenwisselaar is een apparaat, dat als voornaamste onderdeel een tank bevat, die geheel gevuld is met een korrelig materiaal, dat in staat is het ijzer aan het beitszuur te onttrekken en het oorspronkelijke zuur weet terug te vormen.

Het korrelige product, dat ook ionenwisselaar heet, is meestal een kunsthars, die op een speciale manier is geprepareerd en die waterstofatomen bevat die kunnen worden vervangen door ijzeratomen.

Bij het beitsen in fosforzuur worden de waterstofatomen van het zuur vervangen door ijzeratomen en er ontstaat het zout: ijzerfosfaat.

Wanneer wij nu een oplossing van ijzerfosfaat door een ionenwisselaar sturen, die verzadigd is met waterstofatomen, zal de ionenwisselaar de ijzeratomen van het ijzerfosfaat uitwisselen tegen waterstofatomen en het fosforzuur wordt dus weer teruggevormd.

Na verloop van tijd is de ionenwisselaar geheel verzadigd met ijzer, maar men hoeft hem dan niet weg te gooien, want door de hars te behandelen met verdund (10%) zwavelzuur wordt het ijzer eruit verdreven en de hars wordt weer verzadigd met waterstofatomen.

Het ijzer kan in de vorm van ijzersulfaat uit de ionenwisselaar worden gespoeld en deze is dan weer voor gebruik gereed.

Om deze processen gemakkelijk te kunnen uitvoeren (eerst het regenereren van het fosforzuurbeitsbad en daarna het regenereren van de met ijzer verzadigde ionenwisselaar) is het apparaat uitgerust met de nodige kranen en leidingen.

Een ionenwisselaar is een tamelijk kostbaar apparaat, zodat het gebruik ervan alleen lonend is bij grotere beitsbaden van enige duizenden liters inhoud.

.....

Wanneer men een klein fosforzuurbeitsbad heeft of wanneer men een beitsbad maar weinig gebruikt, is het economischer het fosforzuur, nadat het verbruikt is, te vervangen.

Er is nog een ander voordeel bij het gebruik van een ionenwisselaar en dat is dat men niet hoeft te wachten tot het fosforzuurbeitsbad geheel verzadigd is met ijzer. We hebben al gezien, dat een beitsbad langzamer gaat werken als er meer ijzer in komt. Tenslotte moet men de temperatuur hoog opvoeren om toch nog een redelijke beitswerking te krijgen.

Wanneer men een ionenwisselaar gebruikt kan men reeds na een kort gebruik van het beitsbad het ijzer eruit verwijderen door een ionenwisselaar. Het bad blijft daardoor steeds 'nieuw'. Op de ionenwisselaar zelf heeft dit geen invloed, want alleen het ijzer wordt verwijderd en het fosforzuur, dat nog niet verbruikt is, vloeit gewoon door de ionenwisselaar heen.

Wanneer men een ionenwisselaar gebruikt moet men ervoor zorgen, dat de hars niet 'vergiftigd' of 'verstopt' raakt. Daarom moet men het staal, voordat het gebeitst wordt, reinigen, bijvoorbeeld in een alkalisch reinigingsbad. De levensduur van de vulling van de ionenwisselaar wordt hierdoor langer.

Overigens doet men er goed aan de veel gebruikte formulering: beitsen in fosforzuur tegen de prijs van zwavelzuur, in zijn juiste verhouding te zien, omdat deze uitsluitend gebaseerd is op het zuurverbruik.

Pas door een nauwkeurig vaststellen van de kosten die gemoeid zijn met het regeneratiesysteem (afschrijving, onderhoud, bediening, verversing of aanvulling van de ionenwisselende harsen) kan men de werkelijke beitskosten bepalen. In het algemeen komen alleen de grotere installaties die in fosforzuur beitsen op economische gronden voor fosforzuurregeneratie in aanmerking.

Beitsen van staal in fosforzuur wordt in een aantal duidelijk omschreven gevallen toegepast, namelijk:

- wanneer het na beitsen moet worden gefosfateerd
- wanneer het uiteindelijke doel van de voorbewerking is het aanbrengen van een verf- of bitumenlaag
- wanneer de voorwerpen nauwe spleten bevatten, die niet of slechts moeilijk uitspoelbaar zijn
- bij gelaste constructies, waarbij de las niet geheel vrij is van poriën of scheuren
- wanneer na het beitsen zonder tussenspoeling wordt gepassiveerd in 2% fosforzuur, het nabeitsen, zie 10.1.

TABEL 3.1 Beitsen van staal

<u>Eigenschap</u>	<u>Zwavelzuur</u>	<u>Zoutzuur</u>	<u>Fosforzuur</u>
chemische formule	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
aard	zeer sterk zuur; dampft niet	sterk zuur; dampft matig	sterk zuur; dampft niet
prijs	laag	vrij laag	hoog
handelssterkte gew%	96 gew%	30-38 gew%	30,70,65 en 85
sterkte beitszuur	5-25 gew% (ook 3-3,5 gew%)	10-15 gew%	15-20 gew%
beitstemperatuur	50-80 °C (ook 60-85 °C)	15-25 °C	40-80 °C
gebeitste oppervlak	ruw	glad	glad
aantasting staal	sterk	matig	gering
oplossen roest	langzaam	snel	langzaam
verwijderen walshuid	snel en goed	matig snel maar goed	langzaam maar goed
naroesten	ja	ja, sterk	nee
passiveren	nee	nee	ja
maximum ijzergehalte	70 g/l	80 g/l	25 g/l
oplosbaarheid ijzerzouten	slecht	zeer goed	slecht
<b>Gunstigste beitswerking van deze zuren bij:</b>			
zuur	8 gew%	10-12 gew%	18-21 gew%
ijzer	4 g/l	3-4 g/l	0,8-1,3 g/l
temperatuur	60 °C	25 °C	70 °C

### 3.1.2.8 ZUURTERUGWINNING DOOR MIDDEL VAN RETARDATIE

Bij retardatie (retardereren= vertragen) wordt gebruik gemaakt van een kolom met een vulling van bepaalde zeolieten. Deze zeolieten kunnen zuren en metaalzouten binden. Het zuur bindt zich beter dan het metaalzout. De zeolieten bevinden zich in een kolom, zoals bij de ionenwisseling, echter de kolom is kort en heeft een grote diameter, terwijl ionenwisselingskolommen juist lang en smal zijn.

#### *Theorie*

Stroomt er water door de kolom en wordt aan de waterstroom heel kort een mengsel van zuur en zout toegevoegd, dan zullen beide stoffen zich gedeeltelijk binden aan het zeoliet en gedeeltelijk in het water opgelost blijven (dynamisch evenwicht). Het zout bindt zich echter minder dan het zuur, waardoor dit sneller met de waterstroom wordt mee gevoerd. Tenslotte zal er aan het einde van de kolom eerst zout uitstromen en vervolgens zuur, beide in een beperkt volume; zuur en zout worden in principe in de kolom niet verdund, maar transporteren zich eerst als één band, maar al gauw als twee banden door de kolom.

.....

### *Praktijk*

In de praktijk wordt er niet heel kort een mengsel aangeboden aan de waterstroom, maar bestaat de gehele 'waterige' stroom uit met metaalzout verontreinigd zuur.

Wordt het met water gevulde bad (uitgangssituatie) gevoed met dit mengsel, dan zal het zuur/zoutfront in het begin gelijk liggen, maar naarmate de stoffen verder door de kolom worden gevoerd, zal het zout beter met het in het mengsel aanwezige water worden meegevoerd en sneller uit de kolom treden, en zal het zuur beter door de zeoliet worden gebonden en pas later uitstromen. Zuur kan wel tweemaal zo langzaam meegevoerd worden als zout, terwijl zout weer langzamer is dan water.

Dit betekent dat bij de start er eerst een volume 'schoon' water uit de kolom komt, gevolgd door een volume zout, die steeds zuurder wordt, en vervolgens weer het oorspronkelijke mengsel van zuur en zout.

Het water kan worden geloosd en het zout kan worden opgevangen.

Voordat het zuurgehalte te hoog wordt in de zoutoplossing, wordt het in de kolom aanwezige mengsel van relatief veel zuur en relatief weinig zout in omgekeerde richting teruggespoeld. Dit gereinigde zuur kan in het bad worden hergebruikt.

Voorkomen moet worden dat met het terugspoelen met water het zuurvolumen te groot wordt en dat er teveel verdunning van zout optreedt; het terugspoelvolumen mag dus niet groter zijn dan het beladingsvolumen. Het proces is een batchproces; telkens wordt weer een vast volume behandeld.

In de praktijk wordt deze techniek op het moment gebruikt voor het verwijderen van aluminiumsulfaat uit anodiseerbaden of ijzersulfaat uit beitsbaden. Het scheiden van zoutzure stromen is moeilijker, omdat metaalchloriden complexe verbindingen zijn, waardoor het zoutzuur onvoldoende afgesplitst kan worden.

Retardatiesystemen waren in het verleden over het algemeen vrij kostbaar door het gebruik van dure meet- en regelapparatuur, maar door een nieuwe aanpak met vastvolumepompen, waarbij in de fabriek is vastgesteld wat het 'doorslagvolumen' van de kolom is, is er geen kostbare meet- en regelapparatuur nodig maar slechts een telmechaniek op het pompsysteem.

Tegenwoordig wordt deze techniek ook gebruikt om tot grondstofbesparing en afvalvermindering te komen. Het wordt toegepast op zwavelzuurbad.

### **3.1.2.9 BEITSEN VAN STAAL IN ANDERE ZUREN**

Van de vele andere zuren en zuurmengsels voor het beitsen van staal, die in de literatuur worden genoemd, zijn van enig belang *sulfaminezuur*  $\text{HSO}_3\text{NH}_2$ , dat in de handel komt in de vorm van reukloze witte kristallen, die gemakkelijk oplossen in water. Men spreekt wel van 'veilig zwavelzuur'. Het heeft een beitswerking als zwavelzuur, maar bij toepassing is het veel minder gevaarlijk. Sulfaminezuur is belangrijker duurder dan zwavelzuur. Men kan er ook ketelsteen mee verwijderen. Het wordt gebruikt bij 50 à 60 °C, niet heter.

.....

*Citroenzuur* is een tamelijk duur zuur, dat weinig gebruikt wordt, maar dat het afvalwaterprobleem kan verkleinen. In het Citrosolv-proces (handelsnaam), dat vooral toepassing vindt voor ketels, condensoren en leidingsystemen, wordt nagespoeld met ammonia.

Het afvalwater, dat daarbij ontstaat, geeft weinig problemen.

*Aziijnzuur* kan op soortgelijke wijze worden gebruikt, maar de hinderlijke geur beperkt de toepassingsmogelijkheden.

Zure zouten, zoals *bisulfaten*, vooral natriumwaterstofsulfaat, worden op beperkte schaal gebruikt.

### 3.1.2.10 BEITSEN MET BEITSPASTA

Beitspasta's zijn beitszuren of mengsels daarvan, die met behulp van een inert materiaal, zoals kiezelgoer, tot een papje zijn aangemengd. Van deze pap wordt een tamelijk dikke laag op het te behandelen metaal gebracht, bijvoorbeeld met behulp van spatels (handschoenen en bril gebruiken).

De beste resultaten worden verkregen als men de beitspasta door het voortdurend opbrengen van nieuwe hoeveelheden vochtig houdt.

Na inwerking wordt het product verwijderd met water en borstels. De methode wordt toegepast voor het behandelen van zeer grote of gemonteerde werkstukken, die zich niet lenen voor een dompelbehandeling en in het bijzonder voor plaatselijk beitsen.

Het gebruik van beitspasta vereist veel ervaring en is daardoor in een aantal gevallen onbetrouwbaar. Het beitsresultaat is vaak ongelijkmatig. Men kiest meestal voor plaatselijk stralen.

Voor reinigen in gesmolten zout, zie 2.14.2; voor alkalisch ontroesten 2.14.1.

### 3.1.2.11 BEITSEN VAN GIETIJZER

Gietijzer (en ook gietstaal) bevat soms aan het oppervlak resten vormzand. Dit zijn hoofdzakelijk siliciumverbindingen, die door normale beitsmiddelen niet worden aangetast. Daardoor ontstaat na enige tijd een ruw gebeitst oppervlak: op één plaats werkt het beitszuur wèl in, op een andere plaats niet.

Dit probleem kan worden opgelost door gebruik te maken van beitsmiddelen die waterstoffluoride (fluorwaterstofzuur) bevatten.

Tabel 3.2 geeft daarvan enige voorbeelden.

Fluorwaterstofzuur is uiterst gevaarlijk. Men kan dit gevaar verminderen door in plaats van dit gevaarlijke zuur een equivalente hoeveelheid ammoniumbifluoride te gebruiken.

Eén liter waterstoffluoride (fluorwaterstofzuur) van 40 gew% komt overeen met 570 gram ammoniumbifluoride,  $\text{NH}_4\text{F}\cdot\text{HF}$ .

.....

TABEL 3.2 Beitsen van gietijzer en gietstaal met vormzandresten

I	water	60 vol. dl.
	zwavelzuur (d = 1,84)	25 vol. dl.
	waterstoffluoride (75 gew%)	10 vol. dl.
	35 °C	
II	zoutzuur (d = 1,18)	15 vol. dl.
	waterstoffluoride (75 gew%)	10 vol. dl.
	20 °C	

### 3.1.2.12 ETSEN VAN STAAL

Terwijl het doel van beitsen hoofdzakelijk is het verkrijgen van een gelijkmatig zuiver oppervlak, wordt bij etsen vaak plaatselijk het metaaloppervlak aangetaast, waardoor het mat wordt.

Vaak is het doel van deze etsbewerking versieren of het aanbrengen van merktekens. Wanneer bij dit etsen een duidelijke verdieping in het metaaloppervlak ontstaat, spreekt men van diepetsen, zie 3.5.

Soms wordt etsen gebruikt om gereedschappen te scherpen, bijvoorbeeld het scherpen van vijlen.

Metallografisch etsen (het zichtbaar maken van de microstructuur van metalen ten behoeve van microscopisch onderzoek) is een andere toepassing.

Vóór het etsen moet het metaaloppervlak zorgvuldig worden ontvet. Omdat het etsen vaak plaatselijk wordt uitgevoerd, moet men een afdekmiddel aanbrengen, dat dié gedeelten afdekt, die niet geëtsd behoeven te worden. Enige voorbeelden van afdekmiddelen zijn:

- producten op waterbasis, vaak gecombineerd met asfaltbitumen
- producten op basis van vinylakken
- producten op basis van chloropreenrubber (handelsnaam: Neoprene)
- afdekwas.

Deze producten zijn in de handel verkrijgbaar.

Vaak wordt het voorwerppoppervlak geheel met het afdekmiddel bedekt, waarna door inkrassen namen, letters of cijfers, dan wel afbeeldingen kunnen worden aangebracht.

Soms is het ook nodig grotere oppervlakken van het afdekmiddel vrij te maken. In het geval van afdekwas vereist het dan grote zorg om alle wasresten van het vrijgemaakte oppervlak te verwijderen.

Vaak is hiervoor puimen noodzakelijk; zie ook bij hardverchromen in hoofdstuk 8, Galvanotechniek.

Afdeklagen kan men als regel in de gewenste vorm uitsnijden en vervolgens de lak als een vel lostrekken. Ook dan is het noodzakelijk na te gaan of geen resten afdeklak zijn achtergebleven.

Er worden in de literatuur veel etsmiddelen voor staal beschreven.

Tabel 3.3 geeft hiervan enige voorbeelden.



.....

Vaak moet men door proberen uitmaken welk etsmiddel in een bepaald geval het meest gewenste esthetische effect geeft.

Er bestaan ook etspasta's waarbij de genoemde chemicaliënmengsels met behulp van een inert materiaal, zoals lindenhoutschool of kiezelgoer worden gemengd en zo op het te etsen oppervlak worden gebracht.

Voortdurend vochtig houden tijdens het etsproces bevordert een gelijkmatige inwerking.

TABEL 3.3 Etsmiddelen voor staal

*Matteren*

I	water	4-8 vol. dl.
	salpeterzuur (d=1,42)	1 vol. dl.
II	zoutzuur (d=1,18)	1 vol. dl.
	water	1 vol. dl.
	antimoonchloride	1 g/l
III	ammoniumpersulfaat	100-300 g/l
IV	ijzer(III)chloride-oplossing	40 °Bé
	of ijzer(III)chloride-oplossing	750 g/l
	soda	25 g/l
	water	tot 1 liter

*Sproei-etsen*

water	50 g
salpeterzuur (d=1,42)	30 g
ijzer(III) chloride	10 g
alcohol	50 g

*Fijn etsen*

jodium	2 g
kaliumjodide	5 g
water	40 g

*Glanzend etsen op een matte ondergrond*

I	chloorwaterstof (gas)
II	zoutzuurdamp boven geconcentreerd zoutzuur
III	chloorwaterstofgas maken uit keukenzout + zwavelzuur

.....

### 3.1.3 BEITSEN EN ETSEN VAN ALUMINIUM

Mede omdat aluminium een amfoteer metaal is (het wordt zowel aangetast door zuren als door alkaliën) zijn er tal van mogelijkheden voor het beitsen van aluminium en zijn legeringen.

Daarvan worden in de praktijk het meest toegepast:

- beitsen in loog
- salpeterzuurbehandeling na het beitsen in loog (desmutten)
- egaliserend beitsen
- gebruik van never dump beits
- beitsontvetten
- beitsen in fosforzuur \*)
- beitsen in salpeterzuur-fluorwaterstofzuur
- beitsen in chroomzuur-zwavelzuur \*)
- beitsen in chroomzuur-salpeterzuur-fluorwaterstofzuur.

\*) vaak met een extra toevoeging van fluorwaterstofzuur

Beitsen kan men doen om diverse redenen.

Zo kan men beitsen om vuilsoorten te verwijderen, die zo sterk op het metaaloppervlak hechten dat ze met reinigingsbewerkingen niet te verwijderen zijn. Dit geldt voor oxidelagen, corrosieproducten en oude conversielagen.

Een andere reden om te beitsen is het verkrijgen van een goede en vooral gelijkmatige uitgangstoestand voor volgende bewerkingen, zoals het aanbrengen van metaallagen, conversielagen of voor het anodiseren.

Heel vaak wordt aluminium gebeist om een bepaalde oppervlaktegesteldheid te krijgen vóór het anodiseren. Omdat de kleurloze en de licht gekleurde anodiseerlagen doorschijnend zijn, is het decoratieve effect van geanodiseerd aluminium in sterke mate afhankelijk van de voorbereiding vóór het anodiseren. Door toepassen van diverse beitsbewerkingen, zoals mat beitsen, satineren en egaliserend beitsen, kan men bepaalde decoratieve effecten verkrijgen.

Eigenlijk behoren hiertoe ook de bewerkingen zoals chemisch glanzen en chemisch polijsten. Deze worden besproken in 3.2.2 en 3.3.2.

Tenslotte zijn er beitsbewerkingen, waarbij men grotere hoeveelheden metaal verwijdert, zoals het diepetsen en het chemisch frezen. Hier heeft men eigenlijk niet meer met oppervlaktebehandelingen te maken, maar met vormgevend technieken. Deze bewerkingen worden besproken in 3.5 en 3.6.

#### 3.1.3.1 BEITSEN VAN ALUMINIUM IN LOOG

Het meest gebruikte beitsmiddel voor aluminium is natronloog, een oplossing van natriumhydroxide in water. Bij toepassing van dit beitsmiddel maakt men gebruik van het feit dat aluminium een amfoteer metaal is. Het gaat in loog onder waterstofontwikkeling in oplossing, waarbij zich natriumaluminaat vormt. Andere metalen worden door loog niet aangetast, zodat men voor dit beitsmiddel een normale stalen tank kan gebruiken.

Meestal maakt men gebruik van warme 5 of 10% oplossingen van natriumhydroxide (50-100 g/l).

.....

Ook andere samenstellingen en werkomstandigheden komen voor, bijvoorbeeld zeer verdunde oplossingen van 1-2 g/l en geconcentreerde oplossingen van 200 g/l. De beitsstemperaturen kunnen zijn koud, warm en heet, bijna kokend. Als algemene regel kan men stellen dat in geconcentreerde oplossingen en bij hoge temperaturen het beitsen sneller verloopt, maar dat daarbij ook een ruwer oppervlak ontstaat.

Bij een meer verdunde beitsamenstelling en een lagere temperatuur verloopt het beitsen langzamer en het oppervlak wordt minder ruw.

In de praktijk werkt men meestal bij temperaturen van omstreeks 50 °C, omdat bij hoge temperaturen het beitsmiddel op het gebeitste aluminiumoppervlak indroogt bij het uithalen uit de beitstank, vóórdát het materiaal in het spoelbad is gebracht.

Het ingedroogde beitsmiddel is moeilijk af te spoelen en geeft gemakkelijk vlekken.

Bij het beitsen ontstaat door de waterstofontwikkeling een nevel met een stekende geur door de inwerking van de uiterst fijne druppeltjes natronloog op de slijmvliezen van neus, keel en ogen. Daarom moet men zorgen voor een goede afzuiging of men moet een schuimvormer in het bad gebruiken, waardoor een schuimdeken ontstaat, die de verneveling van de badvloeistof tegengaat. Deze schuimdeken mag echter niet te dik zijn, want de belletjes zijn gevuld met waterstof en daardoor explosief.

In het algemeen is beitsen in loog een tamelijk ruwe bewerking, die men op fijn bewerkte onderdelen liever niet moet toepassen.

Bovendien ontstaat door het beitsen in loog (en trouwens ook door het beitsen in veel andere beitsmiddelen) een begin van interkristallijne aantasting, waardoor de vermoeiingssterkte van het materiaal soms wel 30-50% kan verminderen. Dit is vooral belangrijk voor sterke, veredelde aluminiumlegeringen, zoals 2024 en 7075.

### **3.1.3.2 SALPETERZUURBEHANDELING NA HET BEITSEN IN LOOG**

Diverse aluminiumlegeringen, namelijk dié, welke zware metalen bevatten, zoals koper en zink, worden bij het beitsen in loog grijs tot zwart. Dit komt omdat de legeringsbestanddelen niet in loog oplossen en zich als een fijn verdeeld metaalneerslag op het oppervlak afzetten (smut).

Dit metaalneerslag kan snel worden verwijderd door het aluminium onder te dompelen in salpeterzuur 1 op 1 bij kamertemperatuur. Salpeterzuur in deze concentratie lost wèl de zware metalen op, maar laat het aluminium onaangetaast. In de handel zijn ook diverse speciaal samengestelde 'desmutters' (aanslagverwijderende middelen) verkrijgbaar.

Ook wanneer bij het beitsen geen grijze verkleuring optreedt, past men de salpeterzuurbehandeling vaak toe. Salpeterzuur werkt namelijk activerend op het aluminiumoppervlak, omdat het niet alleen vreemde metalen oplost, maar ook oxiden en eventuele resten van het alkalische beitsmiddel. De praktijk wijst uit dat vrijwel altijd een salpeterzuurbehandeling op aluminium een gunstige invloed heeft op het verloop van de erna uitgevoerde oppervlakbehandelingen.

.....

Bij het beitsen van siliciumhoudende aluminiumlegeringen kan een grijze tot bruin-grijze verkleuring optreden van fijn verdeeld silicium, die niet in salpeterzuur oplosbaar is.

Silicium lost wèl op in fluorwaterstofzuur, vandaar dat men voor deze legeringen, bijvoorbeeld gietstukken, vaak gebruik maakt van een beitsmiddel op basis van salpeterzuur en fluorwaterstofzuur, zie 3.1.3.8.

Ook door een nabehandeling van het in loog gebeitste materiaal in salpeterzuur-fluorwaterstofzuur kan het silicium worden verwijderd.

Doordat het  $\text{HNO}_3$  problemen kan geven met de waterbeheerder wordt ook wel een desmuttingsbad gebruikt bestaande uit zwavelzuur (afgewerkt anodiseerbad) waaraan 2%  $\text{HNO}_3$  is toegevoegd. Normale 6063 legeringen kunnen in dit bad goed worden desmut.

Er zijn ook toevoegingen die het desmutten sneller laten verlopen en die ook geschikt zijn voor (giet)legeringen met een hoger siliciumgehalte.

### **3.1.3.3 TOEVOEGINGEN AAN LOOGBEITSBADEN**

Door verschillende toevoegingen kan de aantasting van het loogbeitsbad gelijkmatiger worden gemaakt. Stoffen die hiervoor worden gebruikt zijn bijvoorbeeld natriumchloride (keukenzout), natriumfluoride en natriumnitriet.

Hierdoor kan tevens een zekere glans ontstaan.

Bij de egaliserende beitsmiddelen, zie 3.1.3.4, zijn deze mogelijkheden verder uitgewerkt.

Men moet bedenken dat ook andere factoren een grote invloed hebben op het uiterlijk dat bij het beitsen ontstaat. Deze factoren zijn bijvoorbeeld de temperatuur van het beitsbad, het loog- en het aluminiumgehalte, alsmede het materiaal dat men beist.

In loogbeitsbaden zet zich na enige tijd op de wanden van het bad en vooral op de verwarmingsspiralen een harde korst af van natriumaluminaat, die moeilijk te verwijderen is. Vroeger werd daarom vaak suiker aan de beitsbaden toegevoegd, omdat daardoor een minder harde korst ontstond of, bij grotere toevoegingen, alleen maar een slib in het bad, waardoor veel minder reinigingsproblemen ontstaan.

Thans worden voor dit doel veelal gluconaten toegevoegd. Ook deze mogelijkheid is verder uitgewerkt bij de egaliserende beitsbaden.

### **3.1.3.4 EGALISEREND BEITSEN VAN ALUMINIUM**

Een belangrijke ontwikkeling was het op de markt komen van egaliserende beitsbaden. Deze zijn meestal afgeleid van loog als beitsmiddel met zodanige toevoegingen, dat bij een redelijke metaalverwijdering tevens een gladmakend (egaliserend) effect ontstaat. Er zijn echter ook zure typen. Deze beitsmiddelen worden gebruikt voor het verwijderen van beschadigingen, zoals krassen uit plaatmateriaal en extrusiestrepen uit geëxtrudeerd aluminium. Daarbij ontstaat een gelijkmatig, halfmat oppervlak dat decoratief aantrekkelijk is.

.....

Vooral in de begintijd van hun toepassing stonden egaliserende beitsbaden sterk in de belangstelling, omdat men hiermee het kostbare slijpen en borstelen van aluminium bouwprofielen voor een groot deel door een goedkopere, chemische bewerking kon vervangen.

Karakteristiek voor deze egaliserende beitsmiddelen is ook dat zij voorzien zijn van toevoegingen, die het mogelijk maken zeer veel metaal op te nemen. Een egaliserend beitsbad is dan ook veel minder snel uitgeput dan bijvoorbeeld een gewoon loogbeitsbad.

In sommige typen kan men wel gaan tot 200 g/l aluminium, dat gedeeltelijk in opgeloste en gedeeltelijk in gesuspenderde vorm als natriumaluminaat aanwezig is.

Een bepaald type wordt aangeduid als 'never dump' baden. Met de werkstukken wordt zoveel slib uitgeslept, dat het bad niet geconcentreerder wordt aan opgelost en daarna als slib afgescheiden aluminium. Men hoeft aan die baden alleen maar nieuw beitsmiddel toe te voegen om de werking op peil te houden. Deze baden zouden daardoor milieuvriendelijk zijn. Het vuil wordt niet stootsgewijs (bij het vernieuwen van het bad) afgevoerd, maar continu, door de voortdurende uitsleep.

In plaats van 'never dump' zou men deze baden beter 'continuous dump' kunnen noemen.

Door de steeds beter wordende extrusietechnieken en door het gebruik van hoogwaardige matrijzen werd de behoefte aan egaliserende beitsmiddelen steeds geringer, omdat diepe extrusiestrepen steeds minder voorkwamen. Op glad geëxtrudeerd aluminium worden nog wel egaliserende beitsmiddelen gebruikt, maar gedurende kortere tijd en hoofdzakelijk om een gelijkmatig, decoratief, satijnglanzend uiterlijk te verkrijgen.

Men kan zich afvragen of het dan niet mogelijk is weer terug te gaan naar loog als beitsmiddel. In de praktijk wordt dit ook wel gedaan, maar bij gebruik van egaliserende beitsmiddelen kan men gemakkelijker een constante oppervlaktegesteldheid verkrijgen, die bijvoorbeeld voor grotere opdrachten met een langere looptijd (architecturaluminium voor grote gebouwen) van belang is. Kleurverschillen op blank aluminium komen minder voor.

In de loop van de ontwikkeling van de egaliserende beitsbaden zijn diverse toevoegingen gebruikt, die in verband met de nieuwe milieu-eisen niet meer zijn toegestaan. Dit zijn bijvoorbeeld chromaten en nitraten. Deze laatste egaliserende producten geven bovendien bij het werken een onaangename geur.

Een moeilijkheid die soms bij het beitsen van aluminium in loog of in beitsbaden kan ontstaan is het optreden van 'kristallisatie'. Daarmee bedoelt men dat de kristalstructuur van het aluminium zichtbaar wordt. Vooral bij aluminium profielen is de kristalstructuur meestal onregelmatig. Daarom is kristallisatie, in de Engelse en Amerikaanse literatuur ook aangeduid als 'galvanizing', ongewenst. Wanneer men aluminium beits met een fijne kristalstructuur is dit verschijnsel niet hinderlijk, maar door fabricagemethoden en de toegepaste warmtebehandelingen is een grove structuur vaak niet te vermijden. Er zijn thans milieuvriendelijke egaliserende beitsmiddelen beschikbaar die het verschijnsel van kristallisatie onderdrukken.



### **3.1.3.5 BEITSONTVETTEN**

Een beitsontvetter is een geconcentreerd mengsel van emulgatoren en bevochtigers, dat wordt toegevoegd aan de gebruikelijke beitszuren, waarvoor in het geval van aluminium dienst kunnen doen zwavelzuur, zwavelzuur-salpeterzuur en fosforzuurbevattende mengsels.

Door de aanwezigheid van oppervlakactieve stoffen worden vetten van het oppervlak losgemaakt, zodat de zuren zeer gelijkmatig kunnen inwerken. Op zichzelf heeft een zuur geen ontvettende werking, maar het verwijdert wél oxiden en andere in zuur oplosbare verontreinigingen.

Beitsontvetters zijn de laatste jaren belangrijker geworden. In verband met de milieu-eisen moeten de oppervlakactieve stoffen biologisch afbreekbaar zijn. Een aantal anodiseerbedrijven gebruikt een beitsontvetter in plaats van ontvetten gevolgd door beitsen in loog.

### **3.1.3.6 BEITSMIDDELEN OP BASIS VAN FOSFORZUUR**

Fosforzuur lost aluminiumoxide op en vormt bovendien een beschermend huidje op het metaal dat een zekere hechting geeft voor organische deklagen. Bij de inwerking van fosforzuur ontstaat vaak een melkachtige verkleuring van het aluminiumoppervlak.

Voor het verwijderen van corrosieproducten, die op aluminium aanwezig zijn, gebruikt men soms fosforzuur vermengd met andere zuren, zoals fluorwaterstofzuur, fluoroboorzuur of fluorokiezelzuur. Men komt dan op het terrein van de chemische glansmiddelen (brighteners), zie 3.2.

### **3.1.3.7 BEITSEN IN CHROOMZUUR-ZWAVELZUUR**

Mengsels van chroomzuur en zwavelzuur (of salpeterzuur) zijn zeer algemene beitsmiddelen voor aluminium, waarmee men een grote verscheidenheid aan ongerechtigheden van het oppervlak kan verwijderen. Men past deze beitsmiddelen toe in sterk wisselende mengverhoudingen en concentraties. Meestal gebruikt men ze warm en in een enkel geval kokend.

Bij kamertemperatuur duurt het beitsproces circa vijfmaal langer.

Door het beitsen in chroomzuur-zwavelzuur verwijdert men oxiden en men verkrijgt een halfmat oppervlak. Deze middelen werken niet zo snel als natronloog, zodat men ze gemakkelijker in de hand kan houden.

Een belangrijke functie vervullen deze beitsmiddelen als voorbehandeling vóór het lijmen van aluminium, bijvoorbeeld in de vliegtuigbouw. Men gebruikt voor dit doel niet alleen mengsels van chroomzuur en zwavelzuur, maar ook van natriumdichromaat en zwavelzuur. Soms wordt vóór het lijmen nog geanodiseerd in chroomzuur, zie hoofdstuk 13.

Bij een bepaalde badsamenstelling zullen aluminiumlegeringen hun oppervlak omzetten in een goed hechtende oxidelaag, die geschikt is om te lijmen.

.....

Nader onderzoek heeft uitgewezen dat voor een goede werking drie verschillende factoren nodig zijn:

1. een zuur met een oplossend vermogen voor aluminiumoxiden, in dit geval zwavelzuur
2. een zuur of zout met oxiderende eigenschappen om het oppervlak om te vormen in een geschikte oxidevorm, in dit geval natriumdichromaat of chroomzuur
3. een versneller, in dit geval de temperatuur.

Tabel 3.4 geeft samenstellingen van een chroomzuur-zwavelzuurbeits voor algemene doeleinden en van een beitsmiddel van optimale samenstelling als voorbehandeling voor het lijmen.

TABEL 3.4 Beitsmiddelen op basis van chroomzuur-zwavelzuur

1. Voor algemene doeleinden

chroomzuur	175 g/l
zwavelzuur	35 g/l
(of 20 ml/l, d=1,84)	
dompelen	
60-70 °C	
1/2-20 minuten	

2. Als voorbehandeling voor het lijmen

zwavelzuur	250 ± 50 g/l
natriumdichromaat	40 ± 20 g/l
dompelen	
60 ± 5 °C	
30 minuten	

### 3.1.3.8 BEITSEN IN SALPETERZUUR-FLUORWATERSTOFZUUR

Salpeterzuur tast alleen in sterke verdunning aluminium langzaam aan. In hogere concentraties overheersen de oxiderende eigenschappen van salpeterzuur, waardoor op het aluminium een oxidefilmje wordt gevormd dat aantasting onmogelijk maakt. Door toevoeging van kleine hoeveelheden van een vreemd zuur, zoals zoutzuur of fluorwaterstofzuur, waterstoffluoride, ontstaan mengsels die aluminium wél aantasten. Vooral het beitsen in salpeterzuur-fluorwaterstofzuur wordt veel toegepast omdat men daardoor een schoon en zuiver metaaloppervlak verkrijgt, dat bovendien actief is. Daardoor is het bijvoorbeeld geschikt voor het aanbrengen van metaallagen.

Dit beitsmiddel past men bovendien toe, wanneer men siliciumhoudende aluminiumlegeringen wil beitsen of het siliciumaanslag, dat is ontstaan bij het beitsen van deze legeringen in loog, wil verwijderen, zie 3.1.3.2. Enige badsamenstellingen zijn vermeld in tabel 3.5.

.....

TABEL 3.5 Beitsmiddelen op basis van salpeterzuur-fluorwaterstofzuur

1. Standaard bad

fluorwaterstofzuur (40 gew%)	10 vol%
salpeterzuur (d= 1,42)	10 vol%
water	80 vol%
dompelen	
kamertemperatuur	
1 tot maximaal 10 minuten	

2. Bad voor gietwerk

salpeterzuur (d= 1,42)	98 vol%
fluorwaterstofzuur	2 vol%
dompelen	
kamertemperatuur	
4 minuten	
spoelen en direct verder verwerken	
1 liter fluorwaterstofzuur (HF) van 40 gew% komt overeen met 570 gram ammoniumbifluoride (NH <sub>4</sub> F.HF)	

Amerikaans recept

salpeterzuur (42 °Bé)	500-750 ml.
waterstoffluoride (48 gew%)	25-100 ml.
water	tot 4 liter
kamertemperatuur	
1-5 minuten	

**3.1.3.9 DECORATIEF ETSEN**

Mat en decoratief etsen van aluminium kan in een aantal van de hiervoor beschreven beitsmiddelen worden uitgevoerd. Het matbeitsen van aluminium in loog, voordat men dit gaat anodiseren, wordt in de praktijk nog veel toegepast, hoewel men dan moeilijkheden ondervindt met de gelijkmatigheid van het uiterlijk in grotere partijen. Vandaar dat men voor dit doel liever een egaliserende beits kiest. Eventueel kan men op deze wijze ook een mechanisch aangebrachte satijnfinish nog een andere glansschakering geven. Beitsmiddelen op basis van salpeterzuur-waterstoffluoride kunnen bij een langere inwerktijd de kristalstructuur van het materiaal duidelijk zichtbaar maken. Wanneer men de kristalgrootte van de werkstukken in de hand kan houden, bijvoorbeeld door uit te gaan van materiaal met een gelijkmatige kristalstructuur of door het materiaal deze structuur te geven met behulp van een warmtebehandeling kan hierdoor een fraai effect worden verkregen. Een Amerikaans decoratief plaatmateriaal, dat onder de naam 'Spangle sheet' in de handel komt, bevat zeer grote kristallen, die in zuurmengsels worden aangetast, waarna het materiaal wordt geanodiseerd.



.....

Fraai matetsen van voorgepolijst aluminium kan plaatsvinden in de samenstelling van tabel 3.6.

TABEL 3.6 Decoratieve matets voor aluminium

ammoniumbifluoride	5 gew%
kopersulfaat	0,02 gew% *
temp., °C	50
dompelen	
daarna:	
onderdompelen in salpeterzuur	1 op 1

\* alleen indien zeer zuiver aluminium is gebruikt.

Mat decoratief etsen kan ook plaatselijk worden uitgevoerd door het aluminiumoppervlak eerst gedeeltelijk af te dekken. Veelal past men hiervoor een drukproces toe. Als de drukinkt nog nat is, bestuift men het oppervlak met asfaltpoeder. De overmaat hiervan wordt weggeblazen en het asfalt wordt vervolgens bij circa 220 °C op het oppervlak ingesmolten. Hierna kan men het materiaal matetsen. Na afloop van de etsbewerking verwijderd men de afdeklag met een oplosmiddel.

### 3.1.3.10 ETSEN VOOR LIJMEN

Met behulp van moderne lijmen, bijvoorbeeld op basis van fenolhars of epoxyhars, kan men zeer sterke verbindingen van aluminium verkrijgen, die bijvoorbeeld in de vliegtuigbouw worden gebruikt in plaats van klinknaden. Een eenvoudige voorbehandeling voor het lijmen geeft tabel 3.7.

TABEL 3.7 Voorbehandeling voor het lijmen

zwavelzuur	250 + 50 g/l
natriumdichromaat	40 + 20 g/l
temp., °C	60-65
tijd	30 min.

Meestal wordt echter een uitvoeriger behandelingsreeks toegepast die bestaat uit:

- voorontvetten
- spoelen
- etsen, zie tabel 3.8
- spoelen
- chroomzuuranodiseren (hoofdstuk 13)
- spoelen
- sealen
- drogen.

.....

Het etsen heeft vooral de bedoeling een lichte opruwing van het oppervlak te verkrijgen, waardoor een betere lijmhechting ontstaat.

Men past bij voorkeur een chroomzuur-zwavelzuuretsing toe, alsmede chroomzuuranodiseren, omdat deze de vermoeiingssterkte van het materiaal het minst van alle etsbewerkingen en anodiseerbehandelingen beïnvloedt.

Een ander chroomzuurbad is:

TABEL 3.8 Etsbad voor het lijmen van aluminium

chromiumzuur	5 gew%
zwavelzuur (d= 1,84)	15 vol%
temp., °C	40-50
tijd	20 min
dompelen.	

### 3.1.3.11 ETSEN VOOR PUNTLASSEN

Het puntlassen van aluminium is een belangrijke bewerking, die echter bij dit metaal minder eenvoudig is dan bij ijzer en staal.

Dat komt omdat aluminium een lager smelpunt heeft, gemakkelijker verweekt, een groter warmtegeleidingsvermogen bezit en voortdurend bedekt is door een dunne oxidehuid, vaak van onregelmatige dikte.

Het is mogelijk een zekere verbetering van de puntlasbewerking te verkrijgen door het metaal te beitsen in bijvoorbeeld loog of waterstoffluoride, maar men merkt dan vaak dat de werkstukken de neiging hebben om te hechten aan de elektroden van de puntlasmachine.

Een goede voorbehandeling voor het puntlassen van aluminium bestaat dan ook uit een dubbele bewerking, waarbij de aanwezige oxidehuid met onbekende eigenschappen wordt verwijderd en wordt vervangen door een zeer dunne chromaatlaag, zie tabel 3.9.

Eenzijds verhindert deze chromaatfilm de hechting van het aluminium aan de puntlaselektroden, anderzijds levert het de overgangsweerstand op, die nodig is om het materiaal op de aanrakingsvlakken voldoende te verhitten, om tot verweking en samenvloeien te komen.

TABEL 3.9 Aluminium voorbehandelen voor puntlassen

#### 1. Ontvetten

natriumcarbonaat (watervrij)	9 g/l
trinatriumfosfaat (1 H <sub>2</sub> O)	19 g/l
natriummetasillicaat (5 H <sub>2</sub> O)	20 g/l
bevochtiger	2 g/l
temp. °C	85+5
tijd	5-15 min
naspoelen in koud water.	

.....

## 2. Beitsen

chromzuur	5 g/l
zuur natriumsulfaat	115 g/l
natriumfluorosillicaat	1 g/l
temp. °C	25+5
tijd	6-8 min
naspoelen in koud en warm water	
puntlassen binnen 24 uur	

Het is op vrij eenvoudige wijze mogelijk de kwaliteit van de voorbehandeling te controleren door het uitvoeren van enige puntlassen op twee stripjes metaal en vervolgens de lassen los te scheuren.

Op deze wijze kan men een goede indruk krijgen van de hechting en van de kwaliteit van de puntlassen. Deze beproeving wordt vaak uitgevoerd als controle op de goede werking van de baden.

Voor het verkrijgen van een goede kwaliteit puntlassen is een bepaalde oppervlakteweerstand noodzakelijk. De beste resultaten worden verkregen bij circa 30  $\mu\Omega/cm$ , maar de marge, waarbij nog goed gewerkt kan worden is tamelijk ruim. De Amerikaanse vliegtuigindustrie werkt met waarden beneden 100  $\mu\Omega/cm$ . De oppervlakteweerstand mag niet te laag zijn, daar in dat geval hechten van het materiaal aan de elektroden kan plaatsvinden.

Een groot aantal factoren kan de oppervlakteweerstand beïnvloeden, zoals de samenstelling van de gebruikte badvloeistoffen, de temperatuur ervan, de behandelingstijd en vooral ook het grondmateriaal. Zo is bekend dat 6061 moeilijkheden kan geven bij het verkrijgen van de goede oppervlakteweerstand. Daarom gebruikt men voor zuiver aluminium en voor aluminiummagnesiumlegeringen na alkalisch reinigen de oplossing van tabel 3.10.

TABEL 3.10 Etsbad voor het puntlassen van ongelegeerd aluminium en aluminium-magnesiumlegeringen

fosforzuur	56 g/l
chromzuur	17 g/l
naspoelen in koud en warm water	
puntlassen binnen 24 uur.	

Het voorbehandelingsbad is een aluminium ontvettingsbad met een niet te hoge pH.

Voordat de behandeling wordt uitgevoerd is het noodzakelijk het materiaal goed te reinigen, omdat zelfs vingerafdrukken op de plaat een verschillende inwerking van het chromzuurhoudende bad tot gevolg kunnen hebben, zodat onregelmatige resultaten en soms zelfs aantasting van het plaatmateriaal kan optreden.

De op deze wijze behandelde werkstukken blijven circa 24 uur geschikt voor het puntlassen; na die tijd treedt opnieuw vorming van de oxidehuid op, waardoor moeilijkheden ontstaan. Tijdens de opslag moet er voor gewaakt worden dat geen verontreiniging van het metaaloppervlak ontstaat. De opslagplaats moet droog, stofvrij en in het bijzonder vetvrij zijn en men moet de lasplaatsten niet meer aanraken met onbeschermden handen.

.....

### 3.1.3.12 ETSEN VAN ALUMINIUM OFFSETPLATEN

Voor de vervaardiging van aluminium offsetplaten moeten deze fijn worden opgeruwd door greinen. Vroeger deed men dit mechanisch (in een knikkerbak) met een fijn slijpmiddel, maar er wordt momenteel veel elektrochemisch ge-reind:

zoutzuur	15 gew%
temp. °C	20-30
wisselspanning, V	8-15
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	2-5

Ook andere samenstellingen op basis van zoutzuur-fosforzuur, zoutzuur-boor-zuur en zoutzuur-wijnsteen-zuur worden gebruikt.

### 3.1.3.13 ETSEN VOOR HET AANBRENGEN VAN PTFE

PTFE, de bekende fluorhoudende kunststof, die beter bekend is onder de naam Teflon, heeft door zijn non-sticking eigenschappen een slechte hechting op metaal.

Primers, die fosforzuur en chroomzuur bevatten, zijn in verband met de aanra-king van levensmiddelen (braadpannen) niet gewenst.

Er zijn tal van methoden ontwikkeld om toch een hechting te krijgen, waaron-der emaileren, hoofdstuk 14.

Het is gebleken, dat een intensieve etsing in zoutzuur een ankerprofiel geeft, dat niet alleen voor de hechting van Teflon, maar ook voor andere hechtings-problemen op aluminium een goede oplossing kan zijn. De eis is dat de poriën in het oppervlak niet groter zijn dan 30 µm. Twee veel gebruikte behan-delingen zijn vermeld in tabel 3.11.

TABEL 3.11 Etsen van aluminium voor PTFE-applicatie

	1	2
zoutzuur	10 gew%	20 vol%
salpeterzuur	weinig	-
water	rest	79 vol%
waterstoffluoride	-	1 vol%
temp. °C	75 of 20-75	20
tijd	8 min of 2uur	10-15 min

### 3.1.4 BEITSEN EN ETSEN VAN KOPER EN KOPERLEGERINGEN

Vroeger was het gebruikelijk koper en koperlegeringen ruw te beitsen in geconcentreerd salpeterzuur of salpeterzuur-zwavelzuur voor een iets minder heftige inwerking.

De recepten, die in tabel 3.12 zijn vermeld werden echter in mindere mate toegepast omdat de bruine, giftige en milieu-onvriendelijke nitreuze dampen,

.....

die bij het beitsen in salpeterzuur ontstaan ingrijpende veiligheids- en milieu-  
maatregelen nodig maken.

Beitsmiddelen op basis van zwavelzuur worden steeds meer toegepast ook al  
is de beitsduur iets langer.

### 3.1.4.1 ZWAVELZUURBEITSMIDDELEN

Aan het zwavelzuurbeitsmiddel voor dikke oxidelagen wordt soms een oxide-  
rend zuur toegevoegd om het beitsen sneller te laten verlopen, tabel 3.12.

TABEL 3.12 Zwavelzuurbeitsbaden

1. voor dikke oxidelagen	
$H_2SO_4$ (d=1,84)	32 vol%
$HNO_3$ (d=1,4; indien nodig)	12 vol%
temp., °C	20
kopergehalte	max 20 g/l
2. voor minder dikke oxidelagen	
$H_2SO_3$ (d=1,84)	12 vol%
citroenzuur	20-25 g/l
temp., °C	20
kopergehalte	max 15 g/l
3. voor dunne gloeihuid	
$H_2SO_4$ (d=1,84)	5-10 vol%
temp., °C	20
kopergehalte	max 25 g/l

### 3.1.4.2 SALPETERZUURBEITSBADEN

TABEL 3.13 Voorbeitsen in salpeterzuurbaden

1.	
$HNO_3$ (d=1,4)	100%
temp., °C	20
of	
2.	
$HNO_3$ (d=1,4)	50 vol%
$H_2SO_4$ (d=1,84)	50 vol%
temp., °C	20

Vaak gebruikt men daarbij een voorbeits om de oxiden en corrosieproducten  
te verwijderen en een glansbeits om het gebeitste metaal een aangenaam uiter-  
lijk te geven.

De *voorbeits* bestaat uit geconcentreerd salpeterzuur of uit een salpeterzuur-zwavelzuurmengsel. Hoe meer zwavelzuur het mengsel bevat, hoe kalmer het beitsmiddel werkt. Bij het mengen van salpeterzuur en zwavelzuur treedt warmte-ontwikkeling op, zodat men het beitsmiddel eerst tot omgevingstemperatuur moet laten afkoelen.

Voor het behandelen van gecompliceerde werkstukken en van voorwerpen met een nauwkeurige maatvoering is het belangrijk dat men door een zwavelzuurtoevoeging de beitswerking kan vertragen, omdat anders in korte tijd te grote metaalverliezen en ontoelaatbare maatafwijkingen, bijvoorbeeld van schroefdraad, kunnen optreden.

*Glansbeitsen* wordt meestal uitgevoerd in een mengsel van zwavelzuur, salpeterzuur en een weinig zoutzuur of natriumchloride, soms met toevoegingen van glansroet.

Deze, maar enige seconden durende beitsbewerking geeft een lichter gekleurd metaaloppervlak en een zekere mate van glans. Zie voor samenstellingen tabel 3.14.

Een veel fraaiere glans krijgt men in vloeistoffen, gebaseerd op salpeterzuur, fosforzuur en azijnzuur. Deze vormen een geleidelijke overgang naar de speciale badsamenstellingen voor het chemisch glanzend van koperlegeringen, zie 3.2.3.

Voor het verkrijgen van een gematteerd oppervlak beist men in chroomzuur of in een mengsel van dichromaat en zwavelzuur.

Halfabrikaten van koper en koperlegeringen worden vaak gebeist in koud, verdund zwavelzuur. Dit zuur wordt ook gebruikt voor het verwijderen van vloeimiddelen na het hardsolderen.

TABEL 3.14 Glansbeitsbaden voor koper

1.		
	$H_2SO_4$ (d=1,84)	50 liter
	$HNO_3$ (d=1,4)	50 liter
	NaCl	1 kilo
	of	
2.		
	$H_2SO_4$ (d=1,84)	50 liter
	$HNO_3$ (d=1,4)	40-50 liter
	NaCl	$\frac{1}{2}$ -1 kilo
	glansroet	$\frac{1}{2}$ -1 kilo
	of	
3.		
	ijsazijn (=geconcentreerd azijnzuur)	30 liter
	$H_3PO_4$ (d=1,7)	60 liter
	$HNO_3$ (d=1,4)	10 liter
	(ook geschikt voor koperlegeringen die nikkel bevatten).	

.....

### 3.1.4.3 ANDERE BEITSBADEN VOOR KOPER

#### 1. Salpeter-fosforzuur

salpeterzuur (d=1,42)	25 vol%
fosforzuur (d=1,7)	75 vol%

De werkstukken schoon en droog in het bad brengen.

#### 2. Berylliumkoper; verwijderen van een film berylliumoxide na een warmtebehandeling:

natriumhydroxide	500 g
water	tot 1 liter
temp., °C	130

#### 3. Zwavelzuur-dichroomaat

zwavelzuur (d=1,84)	4 vol%
natriumdichroomaat	200 g/l
het oppervlak wordt passief; activeren met cyanidedip of kathodisch cyanidisch dan wel met een zuurdip	

#### 4. Ammoniumchloride zoutzuur

ammoniumchloride	260 g/l
zoutzuur (d=1,18)	5 vol%
bijzonder geschikt voor koper-glascombinaties	

### 3.1.4.4 ETSEN VAN KOPER

Het etsen van koper wordt op groter schaal uitgevoerd bij de vervaardiging van gedrukte bedradingen (printplaten) om op een met koper gelamineerde ondergrond het patroon van geleiderbanen te vervaardigen. Deze techniek vormt een overgang naar het diepetsen, zie 3.5.

In de grafische industrie, met name vooral bij de rotatiediepdruk, worden verkoperde walsrollen aangeëtsd om daarop het beeld te verkrijgen. Deze techniek wordt momenteel in hoog tempo vervangen door elektromechanisch graveren.

### 3.1.4.5 ETSEN VAN KOPER IN DE ELEKTRONICA

Bij het etsen in de elektronica gebruikt men 'etch resists', afdekmiddelen, die van organische aard kunnen zijn, verkregen door zeefdrukken of langs fotografische weg.

.....

Bij bepaalde etsmiddelen worden ook van metaal vervaardigde (galvanisch aangebrachte) afdekkingen gebruikt. Zie voor afdekmiddelen óók 3.6. Eisen die aan een etsmiddel voor printfabricage worden gesteld zijn:

- voldoende etssnelheid
- constante etssnelheid
- minimum onderetsing
- goede etssnelheid
- weinig effect op normale etch resists
- goed in de hand te houden
- niet giftig
- gemakkelijke afvalbehandeling
- constant te regenereren
- geschikt voor de aanwezige installatie
- goede oplosbaarheid
- teruggewonnen koper goed verwerkbaar
- niet duur.

Zo'n etsmiddel bestaat niet. Wel tracht men dit te benaderen. Daarom zijn in de loop der tijd diverse etsmiddelen gebruikt.

### 3.1.4.6 IJZERCHLORIDE ETSMIDDELEN

IJzer(III)chloride in een geconcentreerde oplossing was het klassieke etsmiddel voor printplaten.

De *voordelen* zijn:

- geringe onderetsing
- scherpe contouren
- lange houdbaarheid van het etsbad
- koper terugwinbaar
- oplossing regenerereerbaar
- na verdunnen dezelfde eigenschappen
- is zuur, geschikt voor alkalisch te verwijderen etch resist.

Daar staan echter veel *nadelen* tegenover, zoals:

- geringe etssnelheid
- maximum kopergehalte 60-80 g/l
- regeneratie alleen met chloorgas: moeilijk en gevaarlijk
- ijzerhydroxideslib in afvalwater
- moet als schadelijke afvalstof worden afgevoerd
- slechts voor de helft van de concentratie bruikbaar
- aanslagvorming op apparatuur
- aanwezig zoutzuur gevaarlijk voor laminaat
- lood-tin, nikkel en glanstin niet bruikbaar als etch resist.



.....

### 3.1.4.7 KOPER(II)CHLORIDE ALS ETSMIDDEL

Koper(II)chloride tast in aanwezigheid van zoutzuur koper aan. Koperchloride heeft ten opzichte van ijzerchloride een aantal belangrijke *voordelen*, zoals:

- constante etssnelheid gedurende lange tijd
- hoge koperopname tot 150 g/l
- economisch
- regenereerbaar
- eenvoudige afvalwaterbehandeling
- koper terugwinbaar
- tin-nikkel geschikt als etch resist
- aan het begin 30 g/l koper, oplopend tot 90 à 120 g/l.

Enige *nadelen* van dit etsmiddel zijn:

- lood-tin kan niet als etch resist worden gebruikt
- snelle veranderingen in de etssnelheid bij toenemende koperconcentratie
- zoutzuur kan laminaat aantasten
- na het etsen moeten de printplaten zeer zorgvuldig worden gereinigd om alle koperzouten te verwijderen
- proces verloopt bij 45-50 °C, etssnelheid dan 35 µm Cu/min.

### 3.1.4.8 AMMONIUMPERSULFAAT ETSEN

Ammoniumpersulfaat (juister: ammoniumperoxidisulfaat) heeft als *voordelen*:

- gemakkelijk te hanteren
- goed afspoelbaar
- lood-tin en goud geschikt als etch resist
- kan gebruikt worden met in alkali oplosbare resists
- koper terugwinbaar.

Als *nadelen* staan daar tegenover:

- giftige stof
- moet warm gehouden worden om kristallisatie te voorkomen
- moet gekoeld worden om spontane ontleding te voorkomen
- de lood-tinafdekking moet zeer zorgvuldig worden gecontroleerd
- niet regenereerbaar
- afzuiging noodzakelijk
- langzame beitssnelheid wordt verdrievoudigd door toevoeging van 5-7 g/l kwik(II)chloride (milieu!).

### 3.1.4.9 ETSEN IN CHROOMZUUR-ZWAVELZUUR

Chroomzuur-zwavelzuur was als etsmiddel zeer populair, maar het afvalwaterprobleem heeft het gebruik ervan sterk teruggedrongen.

.....

De *voordelen* van dit etsmiddel zijn:

- het kan gebruikt worden met alle metalen etch resists
- het is geschikt met sommige alkalisch te verwijderen etch resists
- speciale systemen hebben een hoge etssnelheid
- ze bevatten geen voor het laminaat schadelijk chloride.

Daar staan de volgende *nadelen* tegenover:

- het etsmiddel is niet regenererbaar
- de afvoer is moeilijk
- het product is giftig
- het tast sommige laminaattypen aan
- de etssnelheid is niet constant.

### 3.1.4.10 ETSEN IN ZWAVELZUUR-WATERSTOFFEROXIDE

Zwavelzuur-waterstofperoxide is een etsmiddel dat nog steeds grote populariteit geniet.

160 g/l  $H_2SO_4$ , 35-40 g/l  $H_2O_2$ , temperatuur 45-50 °C.

Het heeft de volgende *voordelen*:

- koper gemakkelijk terugwinbaar
- constante etssnelheid, ook bij veroudering.

Enige *nadelen* zijn:

- moet warm gebruikt worden
- etsen ontwikkelt warmte, dus bij grote producties koelen
- stabilisatoren nodig om spontane ontleding van waterstofperoxide te voorkomen.

### 3.1.4.11 ALKALISCHE ETSMIDDELEN

Alkalische etsmiddelen zijn meestal samengesteld op basis van 150 à 200 g/l ammoniumchloride, waarbij de pH van de oplossing met ammonia op 8-9,5 wordt gehouden. Men werkt bij een iets verhoogde temperatuur.

Deze producten zijn momenteel veel in gebruik.

Ze hebben de volgende *voordelen*:

- constante hoge etssnelheid
- weinig onderetsing
- hoog opnamevermogen voor koper
- continue behandeling mogelijk
- gemakkelijke terugwinning van koper
- kan gebruikt worden met metalen afdekmiddelen
- geen zuur chloride, dat de laminaten aantast.

.....

Enige *nadelen* zijn:

- ammoniakgeur, zwakke afzuiging noodzakelijk
- er vormen zich korsten in de etsmachine.

### **3.1.4.12 ETSEN IN DE GRAFISCHE INDUSTRIE**

Voor het etsen van koper in de grafische industrie wordt als regel ijzerchloride in een aantal concentraties gebruikt.

Nadat de etsing is aangebracht maakt men proefdrukken. Op grond daarvan is soms cilindercorrectie noodzakelijk.

Men onderscheidt daarbij pluscorrecties, waarbij de etsing dieper wordt en het beeld donkerder en mincorrecties, waarbij een te donker beeld lichter wordt gemaakt.

Pluscorrecties kunnen langs mechanische weg worden uitgevoerd en ook door naëtsen. Bij mincorrecties past men meestal het Elbo procédé toe, dat is een methode van tampongalvaniseren, zie 8.1.17.

### **3.1.5 BEITSEN EN ETSEN VAN ROESTVAST STAAL**

Het beitsen van roestvast staal heeft tot doel het verwijderen van de tijdens de warmtebehandelingen of fabricage op het oppervlak van het werkstuk gevormde oxiden, zoals gloeihuid, walshuid, smeedhuid, giethuid en aanloopkleuren en van eventueel aanwezige corrosieproducten. Voor dit doel gebruikt men min of meer verdunde zuurmengsels, maar het verwijderen kan eventueel ook mechanisch door stralen of slijpen plaatsvinden.

Voor het verwijderen van oxiden van halffabrikaten gebruikt men ook gesmolten zoutprocessen, zie 2.14.2.

Een andere mogelijkheid is het gebruik van beitspasta, voornamelijk op kleinere artikelen, zie 3.1.5.11.

In het algemeen is het gebruikelijk gebeitst roestvast staal na het spoelen een (natte) passiveringsbewerking te laten ondergaan, ter verbetering van de corrosieweerstand. Ook droog passiveren aan de lucht is mogelijk.

Ook bij roestvast staal bestaat, evenals bij koolstofstaal, de gloeihuid voornamelijk uit ijzeroxiden en wel uit drie lagen van verschillende dikte en van verschillende samenstelling. Naast ijzeroxiden komen in deze laag ook chroomoxide en bij austenitische roestvast staal ook nikkeloxide voor. Daardoor en omdat de oxidelaag is ontstaan bij hoge temperaturen, is deze moeilijk oplosbaar in zuren.

Een belangrijke factor is dat, om goed en snel te kunnen beitsen, de oxidehuid aan bepaalde voorwaarden moet voldoen, die afhankelijk zijn van het gloeien. De gloeitemperatuur wordt meestal bepaald door het effect dat deze heeft op het roestvaste staal zelf, maar bij voorkeur wordt gegloeid in een licht oxideerende atmosfeer en gedurende een experimenteel vast te stellen tijd.

Men verkrijgt dan een oxidehuid, die reeds bij het dompelen van de nog hete en soms nog roodgloeiende voorwerpen in het water gedeeltelijk afbladdert en

.....

losspringt. Dit is alleen mogelijk voor austenitisch en ferritisch roestvast staal. Men kan het gloeien van roestvast staal dus als een oppervlaktebehandeling beschouwen.

De moderne gloeiovens voor roestvast staal werken met een schutgas, vaak (volledig) gekraakt ammoniakgas, waardoor blank wordt gegloeid, beitsen kan dan overbodig zijn, maar toch is vaak nog een lichte nabeitsing noodzakelijk.

Gewaarschuwd moet worden voor het gevaar van overbeitsen (te lang of te heet). Dit veroorzaakt putvormige aantasting.

Eventueel kan de juiste beitsijd met behulp van proefplaten worden vastgesteld.

Bij gelaste constructies gebruikt men een proefplaat met een las erin.

Men beits roestvast staal bij voorkeur in koude beitsmiddelen.

Omdat bij het beitsen van roestvast staal waterstofgas ontstaat, moet men ervoor zorgen, dat dit niet plaatselijk op het oppervlak blijft hechten. Door goede vloeistofbeweging of -eenvoudiger- door het toevoegen van een oppervlakactieve stof aan het beitsmiddel is dit mogelijk.

### **3.1.5.1 BEITSEN VAN ROESTVAST STAAL**

Bij het beitsen van roestvast staal onderscheidt men middelen voor het ruw beitsen en andere die voor nauwkeuriger, fijne beitsbewerkingen worden gebruikt. In het laatste geval zijn middelen veelal aangepast aan het type roestvast staal: austenitisch (niet-magnetisch) en ferritisch (ferromagnetisch).

Wij bespreken achtereenvolgens:

- beitsmiddelen op basis van salpeterzuur-fluorwaterstofzuur
- beitsmiddelen op basis van zwavelzuur
- beitsmiddelen op basis van zoutzuur
- beitsmiddelen op basis van ijzer(III)sulfaat
- het beitsen van austenitisch roestvast staal
- het beitsen van ferritisch en martensitisch staal
- passiveren.

### **3.1.5.2 BEITSMIDDELEN OP BASIS VAN SALPETERZUUR-FLUORWATERSTOFZUUR**

In de literatuur kan men voor het beitsen van roestvast staal veel recepten aantreffen, maar slechts een beperkt aantal samenstellingen wordt in de praktijk op ruime schaal toegepast.

Deze zijn bijna alle gebaseerd op zwavelzuur, salpeterzuur, zoutzuur en waterstoffluoride (fluorwaterstofzuur).

Salpeterzuur,  $\text{HNO}_3$ , in hogere concentraties is een sterk oxiderend zuur. Als gevolg daarvan heeft dit op roestvast staal geen zichtbare inwerking, het veroorzaakt een dunne oxidefilm en het werkt dus passiverend op roestvast staal. Dit is niet het geval bij sterk verdund salpeterzuur, omdat daarin de zuureigenschappen, die het roestvaste staal in oplossing doen gaan, overheersen ten opzichte van het passiveren.

Beitsvloeistoffen, gebaseerd op salpeterzuur die het metaaloppervlak wèl aantasten, worden altijd geactiveerd met een kleine hoeveelheid van een ander zuur, zoals zoutzuur of waterstoffluoride (fluorwaterstofzuur of HF). De verschillende badsamenstellingen zijn van invloed op de beitsnelheid. Een hoger salpeterzuurgehalte geeft bij een constant gehalte aan fluorwaterstofzuur (bijvoorbeeld 1,5%) een verkorting van de beitsijd.

Door het gebruik gaan de beitsbaden een steeds hoger gehalte aan (driewaardig) ijzer bevatten. Oude beitsvloeistoffen kunnen dan etsend op het metaaloppervlak inwerken, met als gevolg een ongelijkmatige aantasting en putvorming. Het toelaatbare ijzergehalte is afhankelijk van diverse factoren, zoals de badsamenstelling, de badtemperatuur, de beitsduur en de toestand van het metaaloppervlak.

Opvallend is dat, wanneer men roestvast staal beits in een bad met een hoog ijzergehalte, ook na goed spoelen, neutraliseren en passiveren een verminderde corrosieweerstand wordt geconstateerd.

Vaak wordt gewerkt met een maximum ijzergehalte van 2-5 gew%, ongeveer overeenkomend met 15 à 40 g/l.

Soms worden aan beitsmiddelen voor roestvast staal inhibitoren toegevoegd, die de inwerking op het grondmateriaal verminderen.

Dit wordt daardoor minder ruw en de kans op putvormige aantasting wordt kleiner.

In beitsmiddelen die salpeterzuur bevatten worden deze inhibitoren over het algemeen sneller afgebroken dan in andere zuurmengsels.

TABEL 3.15 Beitsmiddelen voor roestvast staal op basis van  $\text{HNO}_3$ -HF

Een algemene samenstelling van een salpeterzuur-fluorwaterstofzuurbais is:

salpeterzuur (d=1,4)	10-15 vol%
waterstoffluoride (fluorwaterstofzuur) (70 gew%, d=1,26)	1-3 vol%
oppervlakactieve stof	100 g/l

Voor geperste of getrokken onderdelen, die een gloeibehandeling hebben ondergaan, past men een zuurmengsel toe, waarin men voorwerpen eventueel een nacht kan laten staan:

salpeterzuur (d=1,4)	10-20 vol%
zoutzuur (d=1,18)	3-5 vol%
temp., °C	20-40

Voor het verkrijgen van een mooie witte kleur van het gebeitste roestvaste staal gebruikt men een iets hogere concentratie aan waterstoffluoride:

salpeterzuur (d=1,4)	10-15 vol%
waterstoffluoride (d=1,26)	3-5 vol%
temp., °C	20-30

Dit beitsmiddel is agressiever, het werkt sneller en het moet daarom onder goede controle worden gebruikt.

.....

Voor gehard martenitisch roestvast staal, in draaikwaliteit en maraging roestvast staal, gebruikt men een veiliger samenstelling, die langzamer werkt:

salpeterzuur (d=1,4)	10 vol%
waterstoffluoride (d=1,26)	1 vol%
temp., °C	20-25

De HNO<sub>3</sub>-HF beits wordt effectiever door regelmatige toevoeging van waterstofperoxide 1-2% per uur.

Opmerking: fluorwaterstofzuur in hoge concentraties is een gevaarlijk zuur als het op de huid komt, maar ook als de dampen worden ingeademd.  
Zie voor een juist gebruik van dit zuur bijlage G.

Ook momenteel blijkt de traditionele HNO<sub>3</sub>-HF beits bijzonder goed te zijn vergeleken met alternatieve beitsmiddelen, die soms om milieutechnische redenen de voorkeur verdienen.

### 3.1.5.3 BEITSZUREN OP BASIS VAN ZWAVELZUUR

Beitsmiddelen op basis van zwavelzuur worden vooral gebruikt voor het verwijderen van gloei- en walshuid bij het vervaardigen van halffabrikaten. Indien toegepast op gefabriceerde artikelen of onderdelen, dienen ze meer als voorbeits, die dan als regel gevolgd wordt door beitsmiddelen op basis van salpeterzuur plus waterstoffluoride, zoals beschreven onder 3.1.5.2. Enige samenstellingen geeft tabel 3.16.

TABEL 3.16 Beitsmiddelen voor roestvast staal op basis van zwavelzuur

I	1. voorbeitsen	
	zwavelzuur (d=1,84)	5-10 vol%
	temp., °C	60-70
	inhibitor of beitsrem gebruiken	
	2. spoelen of afspuiten, daarna eventueel	
	3. afborstelen van de losgemaakte oxidehuid	
	nabeitsen	
	salpeterzuur (d=1,42)	5 vol%
	temp., °C	20-40
II	1. voorbeitsen	
	zwavelzuur (d=1,84)	15 vol%
	zoutzuur (d=1,18)	5 vol%
	temp., °C	60
	2. spoelen als bij I	

.....

3.	nabeitsen	
	salpeterzuur (d=1,42)	20 vol%
	fluorwaterstofzuur (waterstoffluoride)	
	(d =1,26)	0,5 vol%
	temp., °C	30-40
III 1.	voorbeitsen	
	zwavelzuur (d=1,84)	8-10 vol%
	temp., °C	60
	2. spoelen, eventueel borstelen	
3.	nabeitsen	
	salpeterzuur (d=1,42)	15-20 vol%
	temp., °C	40
IV	zwavelzuur (d=1,84)	12 vol%
	zoutzuur (d=1,18)	4 vol%
	fluorwaterstofzuur (d=1,26)	2-4 vol%
	temp., °C	20-50
V 1.	voorbeitsen	
	zwavelzuur (d=1,84)	10 vol%
	keukenzout	2 gew%
	temp., °C	70
	2. spoelen in water	
	3. nabeitsen in	
	salpeterzuur (d=1,42)	10-20 vol%
	temp., °C	80

### 3.1.5.4 BEITSMIDDELEN OP BASIS VAN ZOUTZUUR

De beitsvloeistoffen op basis van zoutzuur zijn voor roestvast staal gevaarlijk, omdat ze een sterke aantasting kunnen geven. Ze werken zowel in op het metaal als op de oxidehuid.

In deze beitsmiddelen wordt ijzer(III)chloride gevormd, dat gemakkelijk aanleiding kan geven tot putvormige aantasting (Duits: Lochfrass). Het toevoegen van een beitsrem aan dit beitsmiddel is altijd nodig om te sterke aantasting te voorkomen.

In het algemeen kan men beter beitsbaden gebruiken op basis van salpeterzuur-waterstoffluoride.

Enige samenstellingen geeft tabel 3.17.

.....

TABEL 3.17 Beitsmiddelen voor roestvast staal op basis van zoutzuur.

I	1. voorbeitsen zoutzuur(d=1,18) salpeterzuur (d=1,4) beitsrem temp., °C	45 vol% 5 vol%  60-70
	2. spoelen en/of borstelen	
	3. nabeitsen salpeterzuur (d=1,4) fluorwaterstofzuur (waterstoffluoride) (d=1,26)	20 vol% 1-3 vol%
II	zoutzuur (d=1,18) salpeterzuur (d=1,4) fluorwaterstofzuur (d=1,26) beitsrem temp., °C	50 vol% 10 vol% 1-2 vol%  20-30
III	zoutzuur (d=1,18) zwavelzuur (d=1,84) beitsrem temp., °C	10 vol% 10 vol%  60

### 3.1.5.5 BEITSMIDDEL OP BASIS VAN IJZER(III)SULFAAT

Beitsmiddelen op basis van ijzer(III)sulfaat worden veel gebruikt bij de fabricage van roestvaste staalplaat. Een voorbeeld van een samenstelling wordt gegeven in tabel 3.18.

TABEL 3.18 Beitsmiddel voor roestvast staal op basis van ijzer(III)sulfaat.

ijzer(III)sulfaat 90% (is in deze concentratie in de handel verkrijgbaar)	6-12 vol%
fluorwaterstofzuur (waterstoffluoride) (d=1,26)	2-3 vol%
temp., °C	70-80
beitsduur	10-20 min

### 3.1.5.6 BEITSEN VAN AUSTENITISCH ROESTVAST STAAL

Bij het beitsen van austenitisch roestvast staal moet onderscheid worden gemaakt tussen gegloeid, gesmeed of gegoten roestvast staal enerzijds en de meer gevoelige typen anderzijds. Tot de laatste kunnen worden gerekend de sneldraaikwaliteiten (Engels: 'free machining', zoals type 303 en de dispersiegeharde typen, zoals maraging roestvast staal).



.....

Vooral in de Amerikaanse literatuur wordt onderscheid gemaakt tussen 'descaling' het door beitsen verwijderen van dikke lagen gloei- en walshuid en 'acid cleaning' een bewerking, waarbij het roestvaste staaloppervlak niet wordt aangetast.

Behalve de hiervoor genoemde vrij eenvoudige beitsbewerkingen heeft men in de Verenigde Staten complete beitsreeksen ontwikkeld, bestaande uit een groter aantal bewerkingen, die tot zeer goede resultaten leiden. Enige voorbeelden geeft tabel 3.19.

Voor kernenergietoepassingen stelt men soms zeer hoge eisen aan de verontreinigingen die in beitsvloeistoffen mogen voorkomen. Met name geldt dit voor chloor- en zwavelverbindingen.

Het roestvaste staal moet voor die toepassingen kobaltvrij zijn.

TABEL 3.19 Beitsreeks voor austenitisch roestvast staal.

1. voorbeitsen	
zwavelzuur (d=1,84)	15-25 vol%
temp., °C	70-80
beitsduur	30-60 min.
2. spoelen of afspuiten met water	
3. nabeitsen	
salpeterzuur (d=1,42)	5-11 vol%
fluorwaterstofzuur (d=1,26)	2-4 vol%
temp., °C	max. 50
beitsduur	2-20 min.
4. spoelen of afspuiten met water	
5. alkalische permanganaatbehandeling	
natriumhyoxide	100 g/l
kaliumpermangaat	50 g/l
temp., °C	90
beitsduur	16-60 min.
6. spoelen of afspuiten	
7. zwavelzuurdip	
salpeterzuur (d=1,84)	15-50 vol%
temp., °C	70-80
beitsduur	2-5 min.
8. salpeterzuurdip	
salpeterzuur (d=1,42)	10-30 vol%
temp., °C	60-80
beitsduur	5-15 min.
voor kernenergietoepassingen:	
chloride maximaal 50 ppm	
sulfide maximaal 5 ppm	

.....

### 3.1.5.7 BEITSEN VAN FERRITISCH EN MARTENSITISCH ROESTVAST STAAL

Niet altijd is het beitsen van ferritisch en martensitisch roestvast staal toegestaan. In het bijzonder geharde martensitische stalen en maraging roestvast staal mogen voor kritische toepassingen, zoals in de lucht- en ruimtevaart en bij kernenergietoepassingen, alleen mechanisch worden gereinigd. Voor toepassingen, waarbij beitsen wél is toegestaan kan de beitsreeks uit tabel 3.20 dienst doen. Enige beitsmiddelen van afwijkende samenstelling geeft tabel 3.21.

TABEL 3.20 Beitsreeks voor ferritisch en martensitisch roestvast staal

I	1. zwavelzuurbeits	
	zwavelzuur (d=1,84)	15-25 vol%
	temp., °C	70-80
	beitsduur	15-30 min.
	2. spoelen of afsputten met water	
	3. alkalische permanganaatbehandeling	
	natriumhydroxide	18-20 vol%
	kaliumpermangaat	4-6 gew%
	temp., °C	70-90
	beitsduur	1/2-8 uur
	4. spoelen of afsputten met water	
	5. zwavelzuurdip	
	zwavelzuur (d=1,84)	15-25 vol%
	temp., °C	70-80
	6. salpeterzuurdip	
	salpeterzuur (d=1,4)	30 vol%
	temp., °C	20-25
	beitsduur	10-30 min.
	7. spoelen of afsputten met water	
II	voor lichte oxidehuid:	
	salpeterzuur (d=1,4)	23 vol%
	fluorwaterstofzuur (d=1,26)	4 vol%
	temp., °C	50
	tijdsduur	1-5 min.

.....

TABEL 3.21 Andere beits- en reinigingsmiddelen voor roestvast staal.

Voor alle typen, behalve sneldraaikwaliteit

I	citroenzuur	1 gew%
	natriumnitraat	1 gew%
	temp., °C	20
	tijd	60 min.
II	ammoniumcitraat	5-10 gew%
	temp., °C	50-70
	tijd	10-60 min.

Voor combinatie van roestvast staal en koolstofstaal:

I	1. hydroxyazijnzuur	2 gew%
	mierenzuur	1 gew%
	inhibitor	1)
	temp., °C	90-95
	tijd	6 uur
II	1. EDTA geneutraliseerd met ammonia	
	inhibitor	1)
	temp., °C	tot 120 °C
	tijd	6 uur
	2. spoelen in heet water	
	3. ammonia	10 ppm
	hydrazine	110 ppm

1) Concentratie volgens leveranciersvoorschrift.

### 3.1.5.8 ELEKTROLYTISCH BEITSEN VAN ROESTVAST STAAL

Voor elektrolytisch beitsen past men onder andere de samenstelling van de bekende elektrolytische polijstbaden toe, die in tabel 3.22 naast andere elektrolytische beitsmiddelen zijn vermeld.

.....

TABEL 3.22 Elektrolytisch beitsen van roestvast staal.

I	fosforzuur (d=1,7)	50 vol%
	zwavelzuur (d=1,84)	50 vol%
	soms weinig glycerol	
	temp., °C	80-90
	spanning	15-20 V
II	water	30 vol%
	zwavelzuur (d=1,84)	40 vol%
	glycerol	30 vol%
III	ijzer(III)sulfaat 90%	6-12 vol%
	waterstoffluoride (d=1,26)	2-3 vol%
	(vooral voor staalplaat)	

### 3.1.5.9 DE BEITSERIJ VOOR ROESTVAST STAAL

Een beitselij voor roestvast staal moet voldoen aan de huidige wettelijke voorschriften inzake veiligheid (Arbowet) en milieu: Wet milieubeheer (Wm) en Wet verontreiniging oppervlaktewateren (Wvo).

De beitsbaden moeten vervaardigd zijn van een materiaal dat bestand is tegen de gebruikte beitszuren. Kunststof beitsbaden en metaalbaden met kunststofbekleding worden veel toegepast.

Bij het gebruik van beitskorven wordt vaak gebruik gemaakt van met plastic bekleed staal of van chroomnikkelstaal van het type 25-20. Ook monel (nikkel-koper 70-30) en titaan worden voor bepaalde typen beitskorven gebruikt.

### 3.1.5.10 UITVOERING VAN HET BEITSPROCES

Beitsen van roestvast staal kan op diverse manieren worden uitgevoerd: door dompelen, sproeien, in trommels, elektrolytisch en met beitspasta.

Bij dompelbeitsen, waarvoor de apparatuur het eenvoudigst is, krijgt men te maken met grote volumes badvloeistof, waarvan de ontgifting en de afvoer na gebruik kostbaar zijn.

Voorzieningen voor veilig werken en een goede afzuiging (met gaswasser) zijn noodzakelijk.

Sproei-beitsen vereist veel minder badvloeistof. De vloeistoftanks kunnen veel kleiner worden gekozen dan bij dompelbeitsen, maar het afvalwaterprobleem vermindert niet. Dit is namelijk afhankelijk van de gebeitste oppervlakte en de beits-tijd. Alleen betrekkelijk eenvoudige vormen, waaronder halffabrikaten, lenen zich voor sproei-beitsen. Bij sproei-beitsen moet men erop letten dat het maximaal toegestane ijzerconcentratie in het beitsmiddel niet wordt overschreden, zie 3.5.1.2.

Trommelbeitsen wordt uitgevoerd op kleinere massa-artikelen. Als regel gebruikt men kunststof trommels, die in voldoende sterkte verkrijgbaar zijn.

.....

Soms gebruikt men roltrommels, die over de rand van het bad rollen en maar gedeeltelijk zijn ondergedompeld. Op deze wijze kan men een gemechaniseerde of geautomatiseerde behandelingsreeks opbouwen, bestaande uit voorontvetten, beitsen, passiveren en drogen, met daartussen de noodzakelijke spoelbewerkingen.

### **3.1.5.11 BEITSPASTA EN GESMOLTEN ZOUT**

Bij grotere voorwerpen, vervaardigd uit blanke roestvaste staalplaat, waaraan gelast is, is het beitsen van het gehele oppervlak vaak lastig en soms zelfs ongewenst. Men wil alleen de lasnaden, die ook bij lassen onder schutgas meestal zwart zijn, reinigen. Men gebruikt beitspasta, zie 3.1.2.10.

Bij het behandelen in gesmolten zout onderscheidt men:

- oxiderende gesmolten zoutbaden, veelal in gebruik voor het reinigen van machine- en motoronderdelen
- reducerende gesmolten zoutbaden, voor het verwijderen van gloei- en wals-huid van halffabrikaten, zie verder 2.14.2.

### **3.1.5.12 PASSIVEREN**

Onder normale omstandigheden behoeft roestvast staal niet gepassiveerd te worden, omdat het door zijn samenstelling, vooral door het chroomgehalte, zelf een uiterst dunne, gesloten oxidehuid vormt.

Door beitsen of verspanen is deze passieve huid verdwenen en deze vormt zich, al naar de samenstelling van het roestvaste staal, in een periode van enige minuten tot enige dagen.

Meestal wordt het passiveren uitgevoerd in een salpeterzuuroplossing. Daarmee worden dan tevens de sporen van ijzer en andere vreemde metalen, die op het roestvaste staaloppervlak door bewerkingen zijn achtergebleven, verwijderd. In veel gevallen is deze eindreiniging zelfs belangrijker dan het herstellen van de passiviteit.

De bekendste passiviemethode wordt uitgevoerd in verdund salpeterzuur, samengesteld uit één deel salpeterzuur en twee delen water, bij een temperatuur van 50 °C gedurende 15 à 30 minuten. Wanneer men niet verwarmt, wordt niet zo'n goede passivering verkregen.

Ook andere oxiderende vloeistoffen, zoals bijvoorbeeld 2% natriumdichromaat, geven een passivering.

Het lozen van grotere hoeveelheden salpeterzuur, die door het passiveren van roestvast staal zijn gebruikt, kan milieuproblemen geven. Met waterstofperoxide kan op een zuiver roestvast staaloppervlak een uitstekende passivering worden verkregen:

.....

TABEL 3.23 Passiveren van roestvast staal

I	salpeterzuur (d=1,4) temp., °C tijd	1 deel op 2 delen water circa 50 15 à 30 minuten
II	waterstofperoxide citroenzuur tijd	0,1 vol% tot pH 2,7-3,5 min. 3 min.

Voor het plaatselijk passiveren zijn ook passiverpasta's in de handel.

### 3.1.5.13 NUT VAN PASSIVEREN

Het passiveren is een uitermate belangrijke bewerking die steeds na mechanische behandelingen en beitsbewerkingen moet worden uitgevoerd om de optimale corrosieweerstand te verkrijgen. Hoewel koude passiverbewerkingen voor 'gewone' doeleinden uitstekende resultaten geven, is in de praktijk van de chemische apparatenbouw wel gebleken dat het passiveren in salpeterzuur van 50 vol% bij een verwarming tot ongeveer 50 °C gedurende een half uur de beste resultaten gaf. Bij het passiveren van roestvast staal moet men dus rekening houden met het gebruiksdoel van het te behandelen werkstuk.

Onder bepaalde omstandigheden mag men de hierboven beschreven passiverbewerkingen niet uitvoeren, zoals bijvoorbeeld in het (zeldzame) geval van roestvaste stalen onderdelen die zijn gecementeerd (gecarboneerd). Deze delen bevatten aan het oppervlak een laag, waarin het chroom aan koolstof is gebonden, waardoor op die plaatsen het chroomgehalte, dat de bestandheid tegen roest geeft, is verdwenen. Indien men dit staal in salpeterzuur zou onderdompelen, zou het worden aangetast.

Ook roestvast stalen onderdelen, die genitreerd zijn, mag men niet passiveren op de hierboven aangegeven manier, omdat daarbij de nitreerlaag wordt aangetast. Passiveren van deze gecarboneerde en genitreeerde roestvaste staalsoorten kan worden uitgevoerd in een 5 à 10% oplossing van kaliumdichromaat, bij voorkeur bij verhoogde temperatuur of in waterstofperoxide, zie 3.1.5.12. Deze passiverbehandeling op roestvast staal wordt in een aantal bedrijven, waar men roestvast staal bewerkt, nagelaten, waarschijnlijk omdat er aan het uiterlijk van het materiaal zichtbaar niets verandert. Deze bewerking is echter van groot belang, vooral ook om de tegelijk optredende reiniging, en deze moet waar mogelijk worden uitgevoerd.

### 3.1.5.14 ETSEN VAN ROESTVAST STAAL

Enige badsamenstellingen voor het etsen van roestvast staal geeft tabel 3.24.

TABEL 3.24 Etsen van roestvast staal

I	water	25 vol.dl.
	zoutzuur (d=1,18)	75 vol.dl.
	salpeterzuur (d=1,42)	5 vol.dl.
	ijzer(III)chloride	20 gew%
	geeft een wit uiterlijk	
II	salpeterzuur (d=1,42)	10-20 vol%
	waterstoffluoride (d=1,26)	3-5 vol%
	water	rest
	warm gebruiken, maar beneden 140 °C.	

### 3.1.6 BEITSEN EN ETSEN VAN ZINK

Zink en zinklegeringen kunnen zowel in alkalische beitsmiddelen als in verdund zuur worden gebeitst. Als zuren gebruikt men verdund zwavelzuur, verdund zoutzuur en ook wel azijnzuur.

Ook verdund salpeterzuur werkt goed en gelijkmatig op zink in.

Bij de vervaardiging van clichés en stempels is het etsen met verdund salpeterzuur in het verleden veel toegepast.

Zeer verdund salpeterzuur geeft glans.

Als men loog gebruikt worden voornamelijk oxiden opgelost; bij gebruik van zuur tast men ook het metaal aan. Een veel gebruikt beitsmiddel bestaat uit een verdund mengsel van zwavelzuur en salpeterzuur. Ontstaat bij gebruik hiervan door de legeringsbestanddelen in het zink een zwarte aanslag, dan kan men dit verwijderen met een mengsel van gelijke delen geconcentreerd zwavelzuur en geconcentreerd salpeterzuur, dat het zink nagenoeg niet aantast. Een chroomzuuroplossing tast vooral in warme toestand het zink sterk aan. Enige samenstellingen geeft tabel 3.25.

Voor het vervaardigen van metalen clichés (zink en in mindere mate magnesium) gebruikt men als etsmiddel meestal verdund salpeterzuur.

Het chemisch clichémaken is in de grafische industrie grotendeels verdrongen door elektromechanisch graveren.

TABEL 3.25 Beitsen van zink

I	natriumhydroxide	5 gew%
	verwijdert alléén oxide; zink wordt vrijwel niet aangetast	
II	zwavelzuur	2-5 gew%
III	zoutzuur	2-3 gew%
IV	waterstoffluoride	1-2 gew%

.....

V	water	10 vol. dl.
	zwavelzuur (d=1,19)	1 vol. dl.
	salpeterzuur (d=1,42)	1 vol. dl.
VI 1.	voorbeitsen	
	zoutzuur (d=1,19)	30 vol. dl.
	chromzuur (70 gew%)	100 vol. dl.
	tijd	30- 60 s
	2. zeer goed spoelen	
	3. nabeitsen	
	chromzuur	70 gew%
VII	chromzuur (CrO <sub>3</sub> )	50-150 g/l
	zwavelzuur (d=1,84)	1-2 ml/l
	tijd	enige seconden
VIII	chromzuur (CrO <sub>3</sub> )	250-275 g/l
	natriumsulfaat	25 g/l
	temperatuur	20 °C
	tijd	5-30 s
	(chromzuur niet lager dan 220 g/l)	
IX	chromzuur (CrO <sub>3</sub> )	10 gew%
	zilverchromaat	1-2 gew%
	strontiumchromaat	min 10 gew%
	voor oxideverwijdering; tast grondmetaal niet aan.	

### 3.1.7 BEITSEN EN ETSEN VAN MAGNESIUM

Magnesium is een zeer reactief metaal en daar moet men bij beitsbewerkingen terdege rekening mee houden.

Voornamelijk om magnesium van oxide te bevrijden gebruikt men hete oplossingen van chromzuur. Vaak ontstaat bij gebruikte magnesium voorwerpen dan een aantasting, die doet vermoeden dat het chromzuur te sterk op het magnesium heeft ingewerkt. Meestal is dat niet het geval. Het chromzuur verwijdert slechts de oxiden die door corrosie zijn ontstaan en de werkelijke toestand van het magnesiumprodukt wordt pas na het beitsen zichtbaar.

Voor deze bewerkingen moet zuiver chromzuur, opgelost in zuiver water, worden gebruikt.

Wanneer men fluoridehoudende chromaatlagen van magnesium verwijdert, zoals bijvoorbeeld het geval is bij het Dow-17 proces, wordt de vloeistof reeds na één bewerking van de magnesiumartikelen agressief.

Sterk verdunde zuren, zoals salpeterzuur of azijnzuur, oefenen reeds een snelle beitswerking op magnesium uit en lossen ook het grondmetaal snel op.

Het is beslist noodzakelijk na het beitsen van magnesium te neutraliseren met een alkalische vloeistof, omdat ook de kleinste resten achtergebleven zuur in korte tijd sterke corrosieverschijnselen veroorzaken.



Na afloop van het beitsen moeten magnesium voorwerpen direct verder worden verwerkt om corrosie te voorkomen.

Tabel 3.26 geeft enige samenstellingen van beitsmiddelen voor magnesium. Magnesium wordt evenals zink soms gebruikt voor het maken van clichés.

TABEL 3.26 Beitsen van magnesium

I	chromzuur ( $\text{CrO}_3$ ) chemisch zuiver in demiwater temperatuur	10 gew%  water
II	water (demi) zwavelzuur (d=1,84) chromzuur ( $\text{CrO}_3$ ) chemisch zuiver temperatuur tijd	1 liter 1,7 g  150 g kokkend 30 s
III	salpeterzuur (d=1,42) tijd	10 gew% enige seconden

### 3.1.8 BEITSEN VAN NIKKEL EN NIKKELLEGERINGEN

Nikkel is een goed corrosievast materiaal, zodat vaak slechts dunne lagen van corrosieproducten aanwezig zijn, die in enige seconden in een geschikt beitsmiddel kunnen worden verwijderd. Dikkere oxidelagen, die na gloeien aanwezig zijn, vereisen een langere bewerkingstijd, van 20 minuten tot een uur.

Van de nikkellegeringen is Monel, een nikkel-koperlegering, met diverse beitsmiddelen goed van corrosie- en gloeihuid te bevrijden.

Moeilijker wordt het bij nikkel-chroom- en de nikkel-chroom-ijzerlegeringen, zoals Inconel. Naast diverse beitsmiddelen, die soms uren moeten inwerken, maakt men ook gebruik van een gesmolten zoutbad.

Soms behandelt men de producten vóór in een alkalische permanganaatoplossing, die een hoge concentratie aan natriumhydroxide en kaliumpermanganaat bevat. Pas na deze 'conditionering' wordt de echte beitsbewerking uitgevoerd. Nog moeilijker is het beitsen van Hastelloy typen, dat zijn legeringen die ook molybdeen bevatten.

De enige nog bruikbare methode is behandeling in een zoutsmelt, bijvoorbeeld alkalisch oxiderend of alkalisch reducerend (natriumhydrideproces).

Direct daarna wordt afgeschrikt en gebeitst in salpeterzuur-waterstoffluoride. Tabel 3.27 geeft bijzonderheden van beitsprocessen voor nikkel.

.....

TABEL 3.27 Beitsen van nikkel en nikkellegeringen

Nikkel

I	salpeterzuur(d=1,42)	1,85 liter
	zwavelzuur(d=1,84)	1,5 liter
	natriumchloride	30 g
	spoelen	
	neutraliseren	
	ammonia (d=0,88)	2 liter
	water	100 liter
II	eerst nagloeien, dan:	
	water	700 liter
	zwavelzuur (d=1,84)	148 liter
	natriumnitraat	84 kg.
	natriumchloride	84 kg.
	aanvullen tot	1000 liter
	temp., °C	82-87
	tijd	20-60 min.

Monel

I	verwijderen van gloeihuid	
	1. zoutzuur (20 gew%)	1 liter
	water	2 liter
	koper(II)chloride	60 g
	temp., °C	65
	tijd	20-40 min.
	2. spoelen	
	3. zwavelzuur (d=1,84)	100 ml
	natriumchromaat	132 g
	water	tot 1 liter
	temp., °C	20-40
	tijd	5 10 min.
	4. neutraliseren met verdunde ammonia	
II	zwart geworden door zwavelhoudend koelwater	
	natriumcyanide	10-20 gew%
	temp., °C	20-40
	tijd	5-30 min.

.....

Nikkel-chroomlegeringen (zoals inconel)

I	salpeterzuur (d=1,42) natriumfluoride of waterstoffluoride (d=1,26) temp., °C indien verdund en verwarmd: snellere werking	30 gew% 120-180 g 150 g 20
II	voor moeilijke oxiden  salpeterzuur (d=1,42) waterstoffluoride (d=1,26) met water 1 :3 verdunnen temp., °C tijd	4 vol.dl. 1 vol.dl.  20 4 uur
III	ijzer(III)sulfaat 64 g/l waterstoffluoride (d=1,26) verdunnen met 3,4 vol.dl. water temp., °C tijd	4 vol.dl. 1 vol.dl.  60 6 uur
IV	alkalische permanganaatoplossing (ijzeren bak) tijd	8 uur
V	zwavelzuur (d=1,84) benzeensulfonzuur waterstoffluoride temp., °C	200 g/l 40 g/l 16 g/l 60
VI	zwavelzuur (d=1,84) ammoniumpersulfaat temp., °C tast de ondergrond niet aan	10-30 vol% 750 g/l 50-100

**3.1.9 BEITSEN VAN TIN**

Het beitsen van tin is een bewerking die nauwelijks nodig is, omdat tin een goede corrosieweerstand bezit en als regel blank blijft. Wanneer het nodig is corrosieproducten of aantasting te verwijderen, gebruikt men daarvoor zeer sterk verdund zoutzuur of sterk verdund salpeterzuur. De behandeling duurt kort en de zuren moeten snel met water worden weggespoeld.

.....

### 3.1.10 BEITSEN VAN LOOD

Lood, als corrosievast materiaal vertoont slechts in uitzonderingsgevallen corrosieproducten, die moeten worden verwijderd. Wel bedekt blank, glanzend lood zich bij blootstelling aan de lucht snel met een grijze loodoxide. Beitsen van lood wordt meestal uitgevoerd in sterk verdund salpeterzuur.

### 3.1.11 BEITSEN VAN BERYLLIUM

Beryllium is als regel bedekt met een dunne oxidehuid die, evenals bij aluminium het geval is, het metaal tegen aantasting beschermt. Het verwijderen van deze dunne oxidefilm vindt plaats in zuren of alkaliën. Eventueel kan anodisch worden gebeitst; tabel 3.28 geeft enige details. Beryllium en zijn verbindingen zijn giftig.

TABEL 3.28 Beitsen van beryllium

I	zwavelzuur(d=1,84) temp., °C tijd	50 g/l 25 30 s
II	salpeterzuur (d=1,42) temp., °C tijd	100 g/l 20 2 min
III	fosforzuur (d=1,7) zoutzuur (d=1,18) water anodisch temp., °C tijd	10 vol% 2 vol% rest 5-15 A/dm <sup>2</sup> 25 2 min.

### 3.1.12 BEITSEN VAN SILICIUM

Silicium heeft een grote weerstand tegen chemicaliën. Het wordt alleen aange-  
tast door sterk alkalische middelen en door beitszuurmengsels, die waterstof-  
fluoride (fluorwaterstofzuur) bevatten.  
Tabel 3.29 geeft enige badsamenstellingen.

TABEL 3.29 Beitsen van silicium

	I	II	III
waterstofbromide (d=1,45)	1	1	-
waterstofperoxide (30 gew%)	5	10	10
waterstoffluoride (60 gew%)	5	10	10
zoutzuur	-	-	1

.....

### 3.1.13 BEITSEN VAN MOLYBDEEN EN WOLFRAAM

Hoewel molybdeen en wolfram in dezelfde groep van het periodiek systeem staan, zijn de beitsmiddelen, die voor deze metalen worden gebruikt, maar voor een deel gelijk.

Zowel molybdeen als wolfram hebben een zeer goede chemische weerstand, zodat ze alleen door krachtige middelen kunnen worden aangetast.

Van molybdeen zijn tal van beitsrecepten bekend, die berusten op sterke zuren en ook een beitsmiddel dat kaliumcyanoferraat(III), (rood bloedloogzout) bevat.

Door de Amerikaanse Climax Molybdenum Company zijn voorschriften gegeven voor de voorbehandeling van molybdeen voor de galvanotechniek, voor het verkrijgen van een zeer zuiver oppervlak ten behoeve van de elektronica en als voorbehandeling voor het lassen.

Wolfram wordt alleen aangetast door hete, geconcentreerde zuren en hypochloriet.

Ook wolfram kent een beitsmiddel met kaliumcyanoferraat(III).

Bovendien kan wolfram anodisch in een alkalische vloeistof worden gebeitst. Tabel 3.30 geeft enige samenstellingen.

TABEL 3.30 Beitsen van molybdeen en wolfram

#### Molybdeen

I	voorbehandeling voor galvaniseren	
	kaliumcyanoferraat(III)	100-200 g/l
	natriumhydroxide	40-60 g/l
	temp., °C	25-35
	tijd	0,5-2 min
II	zoutzuur (d=1,18)	tot 60 vol%
	in azijnzuuranhydride	
III	salpeterzuur (d=1,42)	10-20 gew%
IV	water	85 gew%
	salpeterzuur (d=1,42)	8 gew%
	zwavelzuur (d=1,84)	7 gew%

#### Recepten van Climax Molybdenum Co

I	voorbehandeling voor galvaniseren:	
	kaliumcyanoferraat(III)	300 g/l
	natriumhydroxide	100 g/l
	temp., °C	27
	tijd	1 min

.....

II	zeer zuiver, voor elektronica waterstofperoxide (30 gew%) mierenzuur water temp., °C tijd	80 vol% 10 vol% 10 vol% 20 5-10 min
III	voorbehandeling voor lassen zwavelzuur (d=1,84) salpeterzuur (d=1,42) waterstoffluoride (d=1,26) chromiumzuur (CrO <sub>3</sub> ) temp., °C tijd	90 vol% 4,5 vol% 0,5 vol% 18,8 g/l 60 30 s
IV	voor elektronica zwavelzuur (d=1,84) natriumdichromaat opl. verz. temp., °C tijd	96,5 vol% 3,5 vol% 90 kort
V	voor het lassen	
1.	natriumhydroxide kaliumpermanganaat temp., °C tijd	10 gew% 5 gew% 70 5-10 min
2.	spoelen	
3.	zwavelzuur (d=1,84) zoutzuur (d=1,18) chromiumzuur (CrO <sub>3</sub> )	15 gew% 15 gew% 6-10 gew%

#### Wolfraam

I	als de nr I voor molybdeen	
II	waterstoffluoride salpeterzuur rest water	70 gew% 5 gew%
III	natriumhydroxide natriumnitriet anodisch	25 g/l 350 g/l 160 A/dm <sup>2</sup>

### 3.1.14 BEITSEN VAN VANADIUM, NIOBIUM EN TANTAAL

Onder normale omstandigheden blijven de genoemde metalen in de lucht vrij van corrosieproducten. Zij zijn bedekt met een dunne, beschermende oxidehuid. Na gloeibewerkingen kunnen dikkere oxidelagen optreden.

Vanadium oxideert meestal tot vanadiumtetroxide of vanadiumpentoxide. Vanadiumpentoxide is oplosbaar in zowel zoutzuur als zwavelzuur. Voor vanadiumtetroxide kan alleen zoutzuur worden gebruikt.

Niobium wordt door vrijwel geconcentreerd zwavelzuur (1820 g/l) bij 145 °C sterk aangetast. Als voorbehandeling voor de galvanotechniek wordt een anodische behandeling in fluorwaterstofzuur gebruikt, waarbij een deklaag ontstaat die moet worden verwijderd in salpeterzuur-fluorwaterstofzuur.

Tantaal kan in overeenkomstige zuurmengsels als niobium worden gereinigd. Ook hier zijn anodische behandelingen mogelijk. Tabel 3.31 geeft verdere bijzonderheden.

TABEL 3.31 Beitsen van vanadium, niobium en tantaal

Vanadium

De oxiden  $V_2O_4$  en  $V_2O_5$  lossen op in zoutzuur;  $V_2O_5$  ook in zwavelzuur.

Niobium

I	zwavelzuur (d=1,84) temp., °C sterke aantasting	100% 145
II	1. voor een galvanische bewerking waterstoffluoride temp., °C anodisch	40 gew% 25 25-100 A/dm <sup>2</sup>
	2. deklaag verwijderen in salpeterzuur (d=1,42) waterstoffluoride (d=1,26) water	50 vol% 2 vol% rest

Tantaal

I	salpeterzuur (d=1,42) waterstoffluoride (70 gew%) temp., °C tijd	80 vol% 20 vol% 40 12-30 s
II	waterstoffluoride anodisch tijd	100% 2 A/dm <sup>2</sup> 30 s
III	ammoniumbifluoride ammoniumsulfaat temp., °C anodisch tijd	100-150 g/l 100 g/l 25-30 3-10 A/dm <sup>2</sup> 1 min

.....

### 3.1.15 BEITSEN VAN TITAN, ZIRKON EN HAFNIUM

Bij de metalen titaan, zirkoon en hafnium, die in tal van eigenschappen sterk op elkaar lijken, speelt waterstoffluoride als beitsmiddel een grote rol. Titaan kan worden aangetast door de zuren zwavelzuur, zoutzuur en waterstoffluoride, maar niet door salpeterzuur. Ook alkalisch kan titaan worden gebeitst.

Dikke gloeihuid kan toegankelijker worden gemaakt voor de beitszuren door de voorwerpen eerst te verhitten (te gloeien) in een mengsel van natriumcarbonaat en natriumnitrat.

Bij het beitsen ontstaat waterstof, die bij titaan, en ook bij andere genoemde metalen, tot waterstofbroosheid kan leiden. Als men mengsels gebruikt, waarin salpeterzuur voorkomt, wordt de waterstofopname verminderd bij een hogere salpeterzuurconcentratie.

Voor titaan worden verder zoutsmelten en elektrolytisch beitsen gebruikt, waarbij opvalt een methode die katodisch-anodisch beist.

Zirkoon wordt aangetast door waterstoffluoride, hypochlorieten en hoge concentraties van zwavelzuur of fosforzuur. Ook zirkoon is gevoelig voor waterstofbroosheid.

Beitszuurmengsels voor zirkoon bevatten vaak waterstoffluoride.

Ook anodisch etsen is mogelijk.

De bewerkingen van hafnium komen overeen met die van zirkoon, omdat beide metalen een overeenkomstig chemisch gedrag vertonen.

Tabel 3.32 geeft badsamenstellingen.

TABEL 3.32 Beitsen van titaan, zirkoon en hafnium

#### Titaan

I	voorbehandeling voor beitsen: uitgloeien in mengsel van natriumcarbonaat natrium nitraat	50 gew% 50 gew%
II	zoutzuur (d=1,18) temp., °C	100% 90
III	zoutzuur of waterstoffluoride temp., °C tijd	2-5 gew% 2-5 gew% 20 2-5 min
IV	salpeterzuur (d=1,42) fluorokiezelzuur  ammoniumbifluoride zwavelzuur (d=1,84)	450 ml 100 ml  100 ml 450 ml



.....

V	waterstoffluoride (d=1,26)	1 vol%
	salpeterzuur (d=1,42)	4 vol%
	zwavelzuur (d=1,84)	20 vol%
	ijzer(II)sulfaat of	22-38 g/l
	aluminiumsulfaat	22-38 g/l
	spanning	6-36 V
	kathodisch	min 1 min
	daarna anodisch	min 3 min

### Zirkoon

I	voor het galvaniseren: waterstoffluoride (d=1,26)	3-6 g/l
	ammoniumfluoride	18-52 g/l
	temp., °C	20-50
	tijd	20-240 s
II	waterstoffluoride (d=1,26)	3 vol%
	salpeterzuur (d=1,42)	3 vol%
	loodnitraat	3 gew%
	metallisch lood	aanwezig
	neerslag afwassen	
	geeft glanzend zirkoon	
III	waterstoffluoride (d=1,26)	5 vol%
	salpeterzuur (d=1,42)	45 vol%
	water	50 vol%
	temp., °C	max 50
IV	zwavelzuur (d=1,84)	
	temp., °C	60-80
	anodisch	4-5 A/dm <sup>2</sup>

er ontstaat een zwarte laag;  
te verwijderen door een van de  
bovengenoemde beitsmiddelen

### Hafnium

behandeling geheel als zirkoon.

## 3.1.16 BEITSEN VAN THORIUM EN URAAN

Thorium is een radio-actief metaal, dat onder meer bij kernenergie-opwekking wordt gebruikt. Het kan gebeitst worden in 15 gew% zwavelzuur, maar ook anodisch in zoutzuur.

Uraan is een zwaar, zwak radio-actief element, dat nadat het van de sterkere radio-actieve isotoop U-235 is ontdaan (depleted uranium), voor diverse doel-

.....

einden wordt gebruikt, onder andere voor contragewichten en in penetrerende artilleriegranaten (antitankgranaten).

Voor het beitsen is een wisselbehandeling in salpeterzuur, zoutzuur en weer salpeterzuur geschikt. Ook in een oplossing van ijzerchloride kan uraan worden gebeitst.

Anodisch kan het worden gebeitst in oplossingen van tinzouten. Nadere bijzonderheden zijn vermeld in tabel 3.33.

TABEL 3.33 Beitsen van thorium en uraan

Thorium

I	zwavelzuur temp., °C	15 gew% 25-30
II	zoutzuur (d=1,18) temp., °C anodisch	10 vol% 25-30 13.5-27 A/dm <sup>2</sup>

Uraan

I	1. salpeterzuur (d=1,19) tijd	4 min
	2. zoutzuur (d=1,18) tot zwartkleuring	100%
	3. salpeterzuur (d=1,19) tot blank	100%
II	ijzerdichloride temp., °C	50-60
III	tin(II)acetaat opl. temp., °C anodisch tijd	25 2-12 A/dm <sup>2</sup> 10 min
IV	fosforzuur (d=1,7) zoutzuur (d=1,18) water temp., °C anodisch tijd	50 vol% 2 vol% 48 vol% 40 0,8-1 A/dm <sup>2</sup> 10 min

### 3.1.17 FOSFORZURE METAALREINIGERS

Fosforzure metaalreinigers bevatten naast verdund fosforzuur veelal alcoholen, inhibitoren en bevochtigers. Ze zijn in een grote verscheidenheid van typen op

.....

de markt, waarbij de samenstelling is aangepast aan het metaal dat moet worden gereinigd. Ze dienen voor het verwijderen van kleine hoeveelheden vet en corrosieproducten en ze passiveren het oppervlak. Meestal gebruikt men ze voor kleine werkstukken of partijen, want voor groot werk zijn ze te duur. Deze producten worden bij kamertemperatuur gebruikt, zowel voor dompel- als kwasttoepassing. In sommige gevallen spoelt men de voorwerpen na het aanbrengen van een fosforzure metaalreiniger niet meer af, maar men laat het product erop indrogen. Deze behandeling is echter alléén verantwoord als men er zeker van is dat overal een gelijke hoeveelheid metaalreiniger is aangebracht. Omdat men hiervan in de praktijk bij enigszins gecompliceerde voorwerpen vrijwel nooit zeker is, is deze werkwijze voor de meeste metalen niet aan te bevelen. Men moet dan naspoelen.

### 3.1.18 ACTIVEREN

Activeren (Engels: activation, Duits: Aktivieren, Frans: activation), is een korte onderdompeling in een verdund zuur, voordat een galvanische laag of een conversielaag wordt aangebracht.

Het doel is alle oxidefilms of andere lagen, die een passieve toestand veroorzaken, van het metaaloppervlak te verwijderen. Soms wordt het metaaloppervlak licht aangeëetst, waardoor de kristalstructuur 'open komt te liggen', zodat een goede hechting van de op te brengen lagen wordt verkregen.

Met een zuuractivering verwijdert men bovendien de laatste sporen van alkalische reinigingsmiddelen.

Wanneer het navolgende galvanische bad zuur is, activeert men in een overeenkomstig zuur als in het bad aanwezig is. Men kan dan vaak zonder tussenspoelen direct overgaan in het galvanische bad. Dit is bijvoorbeeld het geval bij een zwavelzuur- of een zoutzuur- activeerdip voor het vernikkelen.

Voorwerpen, die gesoldeerd zijn met zacht soldeer, kan men voor het vernikkelen beter in een fluoroboorzuurdip activeren, omdat dit zuur zowel met lood als met tin goed oplosbare zouten geeft. Men een zoutzuurdip en zeker met een zwavelzuurdip zou op gesoldeerde plaatsen een slecht oplosbare film ontstaan, waarop de hechting slecht is.

Hetzelfde geldt voor automatenmessing (loodhoudend).

Vindt een galvanische bewerking plaats in een cyanidisch bad, dan is de veiligste weg eerst een activering in zuur uit te voeren, vervolgens te spoelen en daarna een cyanidedip te geven en dan zonder tussenspoelen over te gaan in het cyanidische galvanische bad.

Activeren duurt maar kort. In een handbediende reeks is een onderdompeling van enige seconden voldoende. In een galvaniseerautomaat kan het activeren door de taktijd van de automaat langer duren. De samenstelling van het activeerbath moet daarop worden afgestemd. Nadere gegevens zijn vermeld in hoofdstuk 8.

.....

### 3.1.19 BEITSINSTALLATIES

Beitsinstallaties kunnen worden verdeeld in drie groepen:

- dompelbeitsbaden
- beitsstrommels
- continue beitsinstallaties.

De beitsbewerking in dompelbaden en beitsstrommels kan gemechaniseerd of geautomatiseerd worden; continue beitsinstallaties werken altijd automatisch.

#### 3.1.19.1 DOMPELBEITSBADEN

Dompelbeitsbaden moeten vervaardigd zijn van een materiaal dat bestand is tegen de gebruikte beitsmiddelen en ze moeten voldoende sterk zijn om de soms zware belastingen te dragen van de werkstukken die in het beitsbad worden behandeld.

Veelal bevat de bodem een extra bescherming om beschadigingen te voorkomen door voorwerpen die te ruw worden ingebracht of die in het bad vallen. Dompelbeitsbaden zijn als regel uitgerust met een afzuigrand en, indien ze verwarmd worden, met een warmte-isolatie. Aan het oppervlak worden warmteverliezen als regel tegengegaan met behulp van een deksel of een laag afdekballen.

Het is ook mogelijk de beitsvloeistof rond te pompen en in een buiten het bad geplaatste warmtewisselaar te verhitten.

In verband met de huidige milieu-eisen moeten voorzieningen worden getroffen, zodat bij lekkage van het bad de voor het milieu zeer schadelijke beitsvloeistof niet ongecontroleerd verloren gaat (een calamiteitenvanger).

Bij gebruik van agressieve beitszuren, zoals salpeterzuur of mengsels waarin waterstoffluoride voorkomt, werkt men soms met geheel gesloten installaties, die alleen tijdelijk worden geopend om er de voorwerpen in te brengen of uit te nemen.

De afgezogen dampen worden steeds vaker door waterwassers of absorptiekolommen van de schadelijke bestanddelen ontdaan.

Ten behoeve van het personeel in de beitsrij moeten eveneens de nodige veiligheidsvoorzieningen worden getroffen.

#### 3.1.19.2 BEITSTROMMELS

Beitsstrommels zijn er in veel uitvoeringen. Deze dienen voor het behandelen van een groot aantal kleine voorwerpen tegelijk. Men onderscheidt:

- dompeltrommels
- kloktrommels
- roltrommels.

.....

Roltrommels maken het mogelijk van de ene trommel in de andere over te gaan en zo verschillende fasen in het proces (voorbeitsen, glansbeitsen, spoelen en passiveren) direct aansluitend uit te voeren. Soms wordt het beitsen mechanisch ondersteund.

### **3.1.19.3 CONTINUE BEITSINSTALLATIES**

Continue beitsinstallaties gebruikt men voor het beitsen van band, draad en gaas in gestrekte toestand. Deze installaties zijn bedoeld voor zeer grote producties en de werkomstandigheden wijken vaak af van hetgeen men bij dompelbaden gewend is.

Zo wordt bijvoorbeeld in torenbeitsinstallaties staalband continu en met grote snelheid met heet zoutzuur gebeitst, waarbij het verbruikte beitszuur continu wordt teruggewonnen door het gevormde ijzerchloride te ontleden in zoutzuur en ijzeroxide. Het zuur wordt weer in het proces teruggevoerd.

Bij hoogoven- en staalbedrijven wordt het ijzeroxide weer naar de ijzerfabricage gevoerd.

## **3.2 CHEMISCH GLANZEN EN POLIJSTEN**

Chemisch glanzen en polijsten (Engels: chemical brightening and polishing, Duits: chemisches Glänzen und Polieren, Frans: brillantage et polisage chimique) kan men beschouwen als beitsbewerkingen, waarbij de beitsvloeistof en de werkomstandigheden zodanig zijn gekozen, dat een oorspronkelijk mat oppervlak glans gaat vertonen.

Bij chemisch glanzen is het doel voornamelijk het verkrijgen van een 'schoon' uiterlijk, hetgeen nodig kan zijn na bewerkingen, maar ook na gebruik, om de voorwerpen weer een 'nieuw' uiterlijk te geven.

Bij sommige metalen, zoals aluminium en roestvast staal, kan het van belang zijn dat met het chemisch glanzen tevens metallische verontreinigingen, die corrosie zouden kunnen inleiden, worden verwijderd.

De overgang tussen glansbeitsen, zoals bij messing wordt toegepast, en chemisch glanzen is niet scherp.

Bij chemisch polijsten streeft men naar een hoogglanzend oppervlak, dat spiegelglans heeft. Chemisch polijsten is een proces dat onder beheerste omstandigheden moet worden uitgevoerd, waarvoor als regel laboratoriumcontrole noodzakelijk is. Dit is nodig om op productieschaal goede, gelijkblijvende resultaten te verkrijgen. Processen voor chemisch polijsten worden veelal onder handelsnaam op de markt gebracht, waarbij de samenstelling van de te gebruiken vloeistoffen niet bekend wordt gemaakt.

De recepten, die in dit hoofdstuk worden genoemd, zijn afkomstig uit de literatuur en van een groot aantal ervan is bekend dat ze in de praktijk goede resultaten geven.

Toch is het mogelijk dat zich onder de handelsproducten processen bevinden die verder zijn ontwikkeld dan degene die in dit hoofdstuk zijn vermeld.

.....

### 3.2.1 CHEMISCH GLANZEN EN POLIJSTEN VAN STAAL

Het succes van chemisch glanzen en polijsten van staal hangt in sterke mate af van de korrelstructuur en de homogeniteit van het te behandelen materiaal. Een inhomogene structuur veroorzaakt een ongelijkmatige inwerking van de chemische producten, zodat glanswerking achterwege blijft.

Ongelegeerde staalsoorten met een koolstofgehalte beneden 0,2% kunnen in elke warmtebehandelingstoestand goed geglansd worden.

Bij staal met een koolstofgehalte van 0,45% is dit alleen mogelijk in normaal-gegloeide toestand, maar niet in veredelde toestand. Soms zijn deze staalsoorten ook in geharde toestand nog te glanzen.

Tabel 3.35 geeft een badsamenstelling.

TABEL 3.35 Marshall proces voor het chemisch glanzen van staal

oxaalzuur (2 aq)	25 g/l
waterstofperoxide (25 gew.%)	13 g/l
zwavelzuur (d=1,84)	0,1 g/l
temp., °C	20-30
tijd	20-60 min
afname per uur vers gebruiken.	15 µm

Het zwavelzuurgehalte is kritisch. Men moet er rekening mee houden, dat waterstofperoxide uit de handel reeds enig zwavelzuur bevat.

### 3.2.2 CHEMISCH GLANZEN EN POLIJSTEN VAN ALUMINIUM

*Chemisch glanzen* van aluminium wordt op ruime schaal toegepast om gebruikelijk aluminium een nieuw uiterlijk te geven (vliegtuigen, autobussen, tanks op melkauto's).

De hiervoor gebruikte 'brighteners' bestaan in twee typen:

- op basis van fosforzuur
- op basis van alkalische stoffen.

De fosforzure typen worden het meest gebruikt.

Naast speciale glanstoevoegingen bevatten deze producten, die bij kamertemperatuur worden gebruikt, vaak bevochtigers en inhibitoren. Soms zijn ze ook voorzien van verdikkingsmiddelen, zodat ze op verticale vlakken kunnen worden gebruikt. Het beste resultaat verkrijgt men als men deze producten niet op het metaal laat indrogen, maar ze voortdurend nat houdt, eventueel door het toevoegen van steeds een nieuwe hoeveelheid van het product.

*Chemisch polijsten* van aluminium, waarvan tabel 3.36 een groot aantal badsamenstellingen geeft, wordt op ruime schaal commercieel toegepast.

In het algemeen zijn de ongelegeerde aluminiumtypen en aluminium zonder zware metalen en silicium beter geschikt voor deze bewerkingen dan andere legeringen.

Voor sommige processen is het zelfs noodzakelijk dat speciaal aluminium wordt gebruikt. Dit materiaal wordt door de aluminiumproducenten, samen met het betreffende chemische polijstmiddel en het recht om dit te gebruiken, als pakket verkocht. Het speciale aan deze legeringen is vaak een extra warmtebehandeling, die ten doel heeft een zeer gelijkmatige structuur te krijgen. Sommige succesvolle processen zijn gebaseerd op het gebruik van zeer zuiver aluminium of van een zeer zuivere aluminium-magnesiumlegering (handelsnaam: Reflectal, gebruikt voor sieraden).

Er is een zekere ervaring voor nodig om met deze processen goede resultaten te krijgen. Vaak zijn ook proeven nodig om de juiste werkmethode vast te stellen.

De resultaten zijn zeer mooi. De kleur van het verkregen metaaloppervlak is witter dan bij mechanisch polijsten (belangrijk voor reflectoren).

Veelal is de uitgangstoestand van het materiaaloppervlak niet strak. Daarom past men vaak een combinatie toe van mechanisch voorpolijsten (strakheid) en chemisch napolijsten (hoogglans) om het optimale resultaat te verkrijgen. Ook elektrolytisch polijsten van aluminium, zie 3.3.2, wordt in combinatie met mechanisch voorpolijsten toegepast.

Het fraaie uiterlijk van chemisch gepolijst aluminium kan behouden worden door zwavelzuuranodiseren, zie hoofdstuk 13.

Tabel 3.36 Chemische polijstbaden voor aluminium

*Alupol I*

natriumhydroxide	28,6 gew%
natriumnitraat	23,8 gew%
natriumnitriet	17,8 gew%
trinatriumfosfaat (12 aq)	11,8 gew%
kopernitraat (3 aq)	0,2 gew%
water	17,8 gew%
temp., °C	140
tijd	5 s-2 min

Voor volle glans nabehandelen in Alupol II.  
Alleen nog van historische interesse.

*Alupol II, Alcoa R 5*

fosforzuur (d=1,7)	631 ml
salpeterzuur (d=1,42)	71 ml
ijszijn	139 ml
kopernitraat (3 aq)	2 g
water	159 ml
temp., °C	80-82
tijd	2-4 min

Wordt vooral in de Verenigde Staten veel gebruikt.

.....

*Fosforzuur-zwavelzuur*

fosforzuur (d=1,7)	1 vol. dl.
zwavelzuur (d=1,84)	1 vol. dl.
water	1 vol. dl.
temp., °C	140
agitatie	
smut verwijderen met chroomzuur	30 g/l
zwavelzuur of fosforzuur	30 g/l
temp., °C	60-80

*Verbeterd Alupol II-bad, V.A.W.*

fosforzuur (d=1,7)	870 ml
salpeterzuur (d=1,42)	65 ml
ijsazijn	65 ml
kopernitrat (3 aq)	1 g
temp., °C	80
tijd	2-4 min

Vooral geschikt voor ongelegeerd aluminium en aluminium-magnesiumlegeringen.

*Alupol IV-bad*

fosforzuur (d=1,7)	60-80 gew%
salpeterzuur (d=1,42)	4-10 gew%
zwavelzuur (d=1,84)	15-30 gew%
carboxymethylcellulose	0,05-0,1 gew%
kopernitrat (3 aq)	0,5-1 gew%
boorzuur	0,4-2 gew%
temp., °C	90-95
tijd	1-5 min

Voor gebruik 48 uur laten staan. In een nieuw aangemaakt bad wat aluminium oplossen. Geschikt voor veel aluminiumlegeringen indien het siliciumgehalte lager is dan 2%.

*Schering bad*

fosforzuur (d=1,7)	70-30 vol%
salpeterzuur (d=1,42)	20-10 vol%
zwavelzuur (d=1,84)	10-60 vol%
temp., °C	60-80
tijd	1-10 min

*V.L.W.-bad*

fosforzuur (d=1,7)	50-95 vol%
salpeterzuur (d=1,42)	2-30 vol%
citroenzuur	2-40 vol%
temp., °C	60-120
tijd	15 s-5 min



.....

*Alpol-bad*

fosforzuur (d=1,7)	75-50 vol%
zwavelzuur (d=1,84)	25-50 vol%
temp., °C	90-100

*Procol-baden*

	1	2
fosforzuur (d=1,7)	50 vol%	75 vol%
salpeterzuur (d=1,42)	10 vol%	5 vol%
zwavelzuur (d=1,84)	40 vol%	20 vol%
temp., °C	100	100
tijd	30 s-2 min	2-5 min

Bad 1 voor vlak maken, bad 2 voor glanzen.

*Kynalbrite*

fosforzuur (d=1,7)	78 vol%
salpeterzuur (d=1,42)	11 vol%
zwavelzuur (d=1,84)	11 vol%
temp., °C	95-100
tijd	15-60 s

*Alubril-I*

fosforzuur (d=1,7)	48 vol%
salpeterzuur (d=1,42)	31 vol%
zwavelzuur (d=1,84)	21 vol%
koperacetaat	1 gew%
temp., °C	110
tijd	15-60 s

*Alubril-II*

fosforzuur (d=1,7)	75-85 gew%
natriumnitraat	8-10 gew%
natriumsulfaat	4-5 gew%
cadmiumacetaat	1-2 gew%
temp., °C	100-130
tijd	20 s

*Niet giftige baden volgens Tajima*

	1	2	3	4
zwavelzuur (d=1,65)	1,0 l	1,0 l	0,8 l	1,0 l
magnesiumsulfaat (7 aq)	20 g	-	20 g	-
ammoniumaluin	-	20 g	-	-
kobaltsulfaat (7 aq)	-	-	-	30 g
anorganisch klathraat	5-10 g	5 g	20 g	10 g
temp., °C	80-110	100	100	100
tijd	1-5 min	1-5 min	-	-

.....

*Kaiser aluminium*

ammoniumbifluoride	0,6 gew%
salpeterzuur	2,5 gew%
chromzuur	0,6 gew%
glycerol	0,6 gew%
kopernitrat (3 aq)	0,05 gew%
water	rest
temp., °C	90-100
tijd	3-10 min

Moet door het lage chemicaliëngehalte voortdurend aangesterkt worden.

*General Motors*

ammoniumbifluoride	0,65 gew%
salpeterzuur	3,75 gew%
chromzuur	0,65 gew%
etheenglycol	0,60 gew%
kopernitrat (3 aq)	0,0025 gew%
water	rest
temp., °C	90-100
tijd	3-10 min

*Erfwerk (V.A.W.)*

ammoniumbifluoride	10-20 gew%
salpeterzuur	10-15 gew%
arabische gom	0,5-2 gew%
loodnitrat	0,08-0,8 gew%
water	rest
temp., °C	45-65
tijd	15-30 s

*Erfwerkbad met chromzuur*

ammoniumbifluoride	10-20 gew%
salpeterzuur	10-20 gew%
chromzuur	0,3-0,5 gew%
loodnitrat	0,03-0,8 gew%
water	rest
temp., °C	55-65
tijd	5-30 s

*Erfwerkbad met waterstoffluoride*

waterstoffluoride	4,4-4,8 gew%
salpeterzuur	2,9-5,8 gew%
arabische gom	0,4-2 gew%
loodnitrat	0,025-0,2 gew%
water	rest
temp., °C	55-65
tijd	8-30 s

### 3.2.3 CHEMISCH GLANZEN EN POLIJSTEN VAN KOPER EN KOPERLEGERINGEN

De bij het beitsen van koper in tabel 3.37 beschreven glansbeits op basis van salpeterzuur, fosforzuur en azijnzuur, geeft voor koper en veel koperlegeringen een zeer goede glans. Sterke vloeistof- of werkstukbeweging is noodzakelijk. Diverse andere typen chemische glansbaden voor koper en koperlegeringen zijn commercieel verkrijgbaar.

Op technische schaal is het mogelijk koper en veel van zijn legeringen te glanzen, zoals de messingsoorten, nikkelmessing (nieuwzilver) en voorts koper-nikkellegeringen, zoals Monel en voorts berylliumkoper.

Tabel 3.37 geeft een aantal badsamenstellingen en werkomstandigheden.

TABEL 3.37 Chemisch glanzen en polijsten van koper en koperlegeringen

Salpeterzuur-chroomzuur	
salpeterzuur (d=1,285)	81 gew%
chroomzuur (CrO <sub>3</sub> )	15 gew%
kopersulfaat (5 aq)	4 gew%

Het chroomzuur bij 50 à 60 °C in het salpeterzuur oplossen; daarna kopersulfaat toevoegen.

Salpeterzuurbasis	
salpeterzuur (d=1,42)	50 gew%
dodecylpyridinechloride	12,5 gew%
water	37,5 gew%
temp., °C	20
tijd	0,5-2 min

Voor messing, tombak en nieuwzilver.

<i>Mengzuren</i>	1	2	3
fosforzuur (d=1,7)	55 vol%	25 vol%	17 vol%
ijsazijn	25 vol%	55 vol%	66 vol%
salpeterzuur (d=1,42)	20 vol%	20 vol%	17 vol%
temp., °C	55-80	85	50

Bad 1 en 2 voor koper, bad 3 voor koperlegeringen.

Pas op voor zilververontreinigingen (afkomstig van zilverzoldeer).

<i>Zwavelzuur-waterstofperoxide</i>	
waterstofperoxide (30 gew%)	150 ml/l
zwavelzuur (d=1,84)	1,2 ml/l
tijd	15-60 min

oxidefilm verwijderen door dip in 10 gew% zwavelzuur

.....

Gemengde zuren	
salpeterzuur (d=1,42)	20-25 vol%
ijsazijn	25-30 vol%
fosforzuur (d=1,7)	55 vol%
zoutzuur (d=1,18)	0,3-0,5 vol%
temp., °C	90
tijd	2-5 min
vooral geschikt voor koper-nikkellegeringen	
geen water inslepen.	

### 3.2.4 CHEMISCH GLANZEN VAN ROESTVAST STAAL

Een fraai, satijnglanzend uiterlijk van roestvast staal kan worden verkregen in een beitsmiddel op basis van salpeterzuur en waterstoffluoride.

Andere samenstellingen voor chemisch glanzen zijn gebaseerd op diverse zuren, zoals fosforzuur, zwavelzuur, zoutzuur en salpeterzuur.

Het is echter moeilijk langs chemische weg hoogglans te verkrijgen. Hiervoor kiest men over het algemeen elektrochemisch polijsten, zie 3.3.4. Enige badsamenstellingen geeft tabel 3.38.

TABEL 3.38 Chemisch glanzen van roestvast staal

*DAS 1 002 074*

fosforzuur (d=1,71)	7,0 vol%
salpeterzuur (d=1,42)	5,0 vol%
zwavelzuur (d=1,84)	3,0 vol%
zoutzuur (d=1,18)	10,0 vol%
water	75 vol%
temp., °C	50-80

*DBP 939 851*

salpeterzuur (d=1,42)	16-8,8 vol%
zwavelzuur (d=1,84)	0-17,1 vol%
zoutzuur (d=1,18)	1,6-17,4 vol%
water	56,7-96,8 vol%
temp., °C	50-80

Dit is een verdere ontwikkeling van DAS 1 002 074.  
Bestemd voor austenitisch roestvast staal.

*US PAT 2 662 814*

fosforzuur (d=1,7)	15-25 vol%
salpeterzuur (d=1,42)	2-4 vol%
zoutzuur (d=1,18)	2-5 vol%
water	rest
temp., °C	80

### 3.2.5 CHEMISCH GLANZEN EN POLIJSTEN VAN ZINK (EN CADMIUM)

Zink kan chemisch gepolijst worden door een korte onderdompeling in sterk verdund salpeterzuur of in een chroomzuur-zwavelzuurmengsel. Ook gecompliceerder mengsels, die dichromaat en fluoride bevatten, worden toegepast. Vaak wordt tegelijk met het glanzen gepassiveerd (glanspassiveren), in het bijzonder bij galvanisch neergeslagen zink. Bij glanspassiveren verliest men een deel van het zink dat eerst galvanisch is opgebracht. Ook is bij glanspassiveren de passivering minder goed dan bij andere passiveringsbewerkingen. De baden die dienen voor het chemisch glanzen van zink hebben een soortgelijke inwerking op cadmium. Tabel 3.39 geeft enige samenstellingen.

TABEL 3.39 Chemisch glanzen en polijsten van zink (en cadmium)

<i>Salpeterzuur</i>		
salpeterzuur (d=1,42)		75 vol%
water		25 vol%
temp., °C		20
tijd		5-10 s
<i>Salpeterzuur, verdund</i>		
salpeterzuur (d=1,42)		2 vol%
water		98 vol%
temp., °C		20
tijd		5-30 s
<i>Chroomzuur-zwavelzuur</i>		
	1	2
chroomzuur (CrO <sub>3</sub> )	100 g	150 g
zwavelzuur (d=1,84)	1,7 g	3,8 g
water tot	1000 ml	1000 ml
temp., °C	20-30	20-30
tijd	2-30 s	2-30 s
<i>Zwavelzuur-waterstofperoxide</i>		
zwavelzuur (d=1,84)		3 ml
waterstofperoxide (30 gew%)		70 ml
water		927 ml
temp., °C		20-30
tijd		15-20 s
<i>Natriumdichromaat</i>		
natriumdichromaat		200 g
zwavelzuur (d=1,84)		6-9 ml
water		tot 1000 ml
temp., °C		20
tijd		5-10 s

.....

*Chroomzuur-salpeterzuur*

chroomzuur (CrO <sub>3</sub> )	200 g/l
natriumsulfaat	15 g/l
salpeterzuur	52,5 g/l
temp., °C	20-30
tijd	10-30 s

### 3.2.6 CHEMISCH GLANZEN EN POLIJSTEN VAN MAGNESIUM

TABEL 3.40 Chemisch glanzen en polijsten van magnesium

*Salpeterzuur*

salpeterzuur (d=1,42)	750 ml
water	25 ml
temp., °C	20
tijd	telkens 3 s

Na onderdompelen snel en intensief spoelen.

*Chroomzuur-salpeterzuur*

chroomzuur (CrO <sub>3</sub> )	20 gew%
salpeterzuur (d=1,42)	0,75-12 gew%
waterstoffluoride (d=1,26)	0-2 gew%
temp., °C	20
tijd	2-5 s

*Chroomzuur-calciumnitraat*

chroomzuur (CrO <sub>3</sub> )	18 gew%
calciumnitraat	4 gew%
magnesiumfluoride	0,25 gew%
water	77,75 gew%
temp., °C	68-86
tijd	0,5-5 min

Na behandeling snel dompelen in een 5% oplossing van natriumcarbonaat of natriummetsilicaat.

### 3.2.7 CHEMISCH GLANZEN EN POLIJSTEN VAN NIKKEL

TABEL 3.41 Chemisch glanzen en polijsten van nikkel

*Zuurmengsel*

salpeterzuur (d=1,42)	300 ml
zwavelzuur (d=1,84)	100 ml
fosforzuur (d=1,7)	100 ml
ijszijn	500 ml
temp., °C	85-95
tijd	0,5-1 min

.....

<i>Nimonic</i>	1	2	3
salpeterzuur (d=1,42)	33 vol%	30 vol%	31 vol%
zoutzuur (d=1,18)	16 vol%	24 vol%	21 vol%
fosforzuur (d=1,7)	9 vol%	8 vol%	8 vol%
ijsazijn	42 vol%	38 vol%	40 vol%
temp., °C	70	70	30
tijd	10 min	5 min	135 min

Bad 1 en 2 dienen voor Nimonic 75, bad 3 voor Nimonic 80A. Bij 45 °C dient bad 3 voor Nimonic 90.

### 3.2.8 CHEMISCH GLANZEN EN POLIJSTEN VAN ZILVER

TABEL 3.42 Chemisch glanzen en polijsten van zilver

<i>Natriumcyanide</i>	
natriumcyanide	21 g
waterstofperoxide (30 gew%)	78 g
water	1 g
temp., °C	32
tijd	telkens enige seconden

### 3.2.9 CHEMISCH GLANZEN EN POLIJSTEN VAN LOOD

TABEL 3.43 Chemisch glanzen en polijsten van lood

<i>Waterstofperoxide-azijnzuur</i>	
waterstofperoxide (30 gew%)	20 ml
ijsazijn	80 ml
temp., °C	20
tijd	telkens 5-10 s

### 3.2.10 CHEMISCH GLANZEN EN POLIJSTEN VAN BERYLLIUM

TABEL 3.44 Chemisch glanzen en polijsten van beryllium

<i>Zuurmengsel</i>	
Zwavelzuur	5 gew%
fosforzuur	75 gew%
chromzuur	7 gew%
water	13 gew%
temp., °C	50
tijd	enige minuten

.....

### 3.2.11 CHEMISCH GLANZEN EN POLIJSTEN VAN TITAAAN

TABEL 3.45 Chemisch glanzen en polijsten van titaan

<i>Waterstoffluoride</i>		
waterstofperoxide (30 gew%)	60-61,2 vol%	
waterstoffluoride (d=1,26)	8,2-10,0 vol%	
water	30,0-30,6 vol%	
temp., °C	20	
tijd	30-60 s	
 <i>Salpeterzuur-waterstoffluoride</i>		
salpeterzuur	5 gew%	
waterstoffluoride	5 gew%	
loodnitraat	1 gew%	
temp., °C	100	20
tijd	1 min	15 min

Van tijd tot tijd lood aanvullen.

### 3.2.12 CHEMISCH GLANZEN EN POLIJSTEN VAN ZIRKOOON

TABEL 3.46 Chemisch glanzen en polijsten van zirkoon

<i>Salpeterzuur-fluoriden</i>	
ammoniumbifluoride	100 g
salpeterzuur (d=1,42)	400 ml
fluorokieselzuur	200 ml
water	tot 1 liter
temp., °C	30-40
tijd	0,5-1 min

### 3.2.13 CHEMISCH GLANZEN EN POLIJSTEN VAN TANTAAL

TABEL 3.47 Chemisch glanzen en polijsten van tantaal

<i>Zwavelzuur-salpeterzuur</i>	
zwavelzuur (d=1,84)	50 ml
salpeterzuur (d=1,42)	20 ml
waterstoffluoride (d=1,26)	20 ml
temp., °C	20
tijd	5-10 s



.....

### 3.2.14 CHEMISCH GLANZEN EN POLIJSTEN VAN GERMANIUM

TABEL 3.48 Chemisch glanzen en polijsten van germanium

<i>Zuurmengsel</i>	
waterstoffluoride (d=1,26)	150 ml
salpeterzuur (d=1,42)	250 ml
ijsazijn	150 ml
broom	enige druppels
temp., °C	20
tijd	5-10 s

### 3.3 ELEKTROCHEMISCH GLANZEN EN POLIJSTEN

Elektrochemisch of elektrolytisch glanzen en polijsten (Engels: electrochemical brightening and polishing, Duits: elektrochemisches Glänzen und Polieren, Frans: brillantage et polissage électrolytique) zijn bewerkingen, waarbij het oppervlak van metalen voorwerpen in een geschikte vloeistof elektrolytisch wordt opgelost. Hierbij ontstaat glans. Bij elektrolytisch polijsten ontstaat op een strakke ondergrond spiegelglans.

Elektrolytische glans- en polijstprocessen zijn voor veel metalen uitgewerkt en leiden tot goede resultaten. Ze worden dan ook op grote schaal toegepast. Meestal wordt het voorwerp anodisch verbonden met een gelijkstroombron, maar er zijn ook elektrolytische polijstprocessen, die met wisselstroom werken, zie 3.3.19.

Vaak moeten de processen door laboratoriumcontrole in de hand worden gehouden, omdat kleine afwijkingen in badsamenstellingen in een aantal gevallen tot verminderde glans kunnen leiden. De vroegste processen van elektrolytisch polijsten waren op dit punt erg gevoelig, maar de moderne processen geven minder moeilijkheden.

Met een goed ingewerkt proces bereikt men met ongeschoolde krachten goede resultaten.

Een voordeel van het elektrolytisch polijsten is, dat tevens scherpe kanten worden gebroken, omdat daar de stroomdichtheid het grootst is. Bij een aantal procédés legt men juist de nadruk op dit kanten breken (elektrolytisch ontbramen, zie 3.4)

Bij anodisch elektrolytisch polijsten wordt het voorwerppoppervlak vaak ook gepassiveerd. Niet alleen door de verkregen gladheid, maar ook door deze passivering is de corrosieweerstand van elektrolytisch gepolijste voorwerpen belangrijk vergroot.

Het oppervlak is bij elektrolytisch polijsten minder strak dan bij mechanisch gepolijste werkstukken. Door een combinatie van mechanisch polijsten, gevolgd door elektrolytisch polijsten, verkrijgt men zowel strakheid als een goede glans.

Naast de vele voorschriften voor elektrolytisch polijsten, die in de literatuur zijn vermeld, zijn er veel commerciële procédés op de markt, waarvan de samenstelling niet in detail is vrijgegeven of die wettelijk zijn beschermd.

### 3.3.1 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN STAAL

Er zijn momenteel enige goede elektrolytische polijstprocessen voor staal beschikbaar.

Voor verfraaiingsdoeleinden wordt het proces toegepast als voorbehandeling in een galvanische bewerkingreeks, bijvoorbeeld een nikkel-chroomreeks. Na het elektrolytisch polijsten is het staaloppervlak passief, maar door een actieveerdip in 10 vol% zoutzuur kan het actief gemaakt worden en dus geschikt voor galvanische processen.

Elektrolytisch polijsten van staal vindt vaker toepassing voor technische producten, zoals spiraalveren, om de vermoeiingssterkte te verbeteren. Hiervoor vervult het een zekere rol naast trommelbewerkingen, zie 1.4.1 en kogelstralen, zie 1.6.9.

Enige samenstellingen geeft tabel 3.49.

TABEL 3.49 Elektrolytisch glanzen en polijsten van koolstofstaal en laaggelegeerd staal

<i>Faustbaden</i>	1	2
zwavelzuur (d=1,84)	40 gew%	15 gew%
fosforzuur (d=1,7)	49,5 gew%	63 gew%
chromzuur (CrO <sub>3</sub> )	-	10 gew%
water	10,5 gew%	12 gew%
temp., °C	38-88	50-55
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	50	50-100
<i>Hispano-Suiza-bad</i>		
fosforzuur (d=1,70)		75 gew%
water		25 gew%
chromzuur (CrO <sub>3</sub> )		verzadigen
temp., °C		80-100
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>		100-200
tijd		30 s-2 min

Goed spreidend bad.

<i>Bad volgens Jacquet</i>	
perchloorzuur (d=1,59)	185 ml
ijsazijn	765 ml
water	50 ml
temp., °C	beneden 27
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	2-10

Opmerking: Perchloorzuur geeft explosiegevaar.

.....

Bad voor stempelstaal (bevat Ni, Cr en Mo)

	1	2	3
fosforzuur	670 g/l	700 g/l	650 g/l
zwavelzuur	200 g/l	230 g/l	150 g/l
chromzuur (CrO <sub>3</sub> )	40 g/l	30 g/l	50 g/l
glycerol	-	-	7 g/l
water	90 g/l	40 g/l	80 g/l
temp., °C	45	75	70
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	20-50	20-50	20-50

### 3.3.2 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN ALUMINIUM

Voor aluminium is een groot aantal elektrochemische polijstprocédés ontwikkeld, met baden van uiteenlopende samenstellingen, tabel 3.50.

De klassieke samenstellingen van Jaquet, die vaak perchloorzuur bevatten en daardoor explosiegevaar opleveren, worden vrijwel niet meer gebruikt.

Bekende processen zijn het alkalische Brytal proces en de verbeterde vorm daarvan, voorts het Alzak proces en een groot aantal processen op basis van fosforzuur.

Elektrolytisch polijsten van aluminium wordt op grote schaal toegepast voor reflectoren en siervoorwerpen en men verkrijgt hierbij ook op veel aluminiumlegeringen goede resultaten. Regelmatige laboratoriumcontrole van de baden wordt aanbevolen en aan de kwaliteit van het gebruikte water worden vaak hoge eisen gesteld.

Elektrolytisch gepolijst aluminium heeft een fraaie, witte kleur, die bestendig kan worden door anodiseren. Het is mogelijk het elektrolytische proces in een voorbehandelingsreeks voor het anodiseren op te nemen.

TABEL 3.50 Elektrolytisch polijsten van aluminium

<i>Jaquet-oplossing</i>	
perchloorzuur (d=1,55)	34,5 vol%
azijnzuurhydride	65,5 vol%
temp., °C	20
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	1

Dient voor naglanzen van voorgepolijst aluminium.  
Deze samenstelling geeft explosiegevaar.

<i>Brytal-bad</i>	
natriumcarbonaat	150 gew%
trinatriumfosfaat	5 gew%
temp., °C	80-82
spanning, V	9-12

Alleen geschikt voor zuiver aluminium.

.....

*Verbeterd Brytal-bad*

trinatriumfosfaat	150 g/l
aluminiumfosfaat	20 g/l
natriumhydroxide	10 g/l
temp., °C	80-90
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	6-8

*Alzac-proces*

fluoroboorzuur	2,5 gew%
temp., °C	30
spanning, V	15-30
stroom, A/dm <sup>2</sup>	1-2

Alleen voor zuiver aluminium.

*Alcoa-proces*

fosforzuur	35-45 gew%
glycerol	30-40 gew%
temp., °C	66-88
spanning, V	35
stroom, A/dm <sup>2</sup>	3,5

Eventueel zwavelzuur toevoegen.

*Baden van het Battelle Memorial Institute*

	1	2
zwavelzuur (d=1,84)	4,7 gew%	14 gew%
fosforzuur (d=1,7)	75 gew%	57 gew%
chromzuur (CrO <sub>3</sub> )	6,5 gew%	9 gew%
Al + Cr (zouten)	<4,5 gew%	-
water	rest	rest
temp., °C	80-82	80
spanning, V	7-12	-
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	6-16	17

*High Duty Alloys*

fosforzuur (d=1,7)	80 vol%
butanol of amylalcohol	20 vol%
temp., °C	50-60
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	5-30

*Franse processen*

	1	2
fosforzuur (d=1,7)	10 vol%	15 vol%
zwavelzuur (d=1,84)	60 vol%	70 vol%
salpeterzuur (d=1,33)	1 vol%	-
water	29 vol%	15 vol%
temp., °C	95	85
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	15-25	15
tijd	20 min	20 min

<i>Russische baden</i>	1	2
fosforzuur (d=1,7)	80 vol%	43 gew%
zwavelzuur (d=1,84)	-	43 gew%
chromzuur (CrO <sub>3</sub> )	-	3 gew%
etheenglycol	20 vol%	-
water	-	11 gew%
temp., °C	90-100	76-78
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	12-15	21

<i>Aluflexproces (Duits)</i>		
zwavelzuur		80 vol%
chromzuur (CrO <sub>3</sub> )		25 g/l
water		rest
temp., °C		80-90
spanning, V		13-20
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>		25-50

### 3.3.3 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN KOPER EN KOPERLEGERINGEN

Koper en koperlegeringen kunnen met een aantal badtypen fraai elektrolytisch worden gepolijst. Dit proces is vooral aan te bevelen op sterk geprofileerde voorwerpen, die mechanisch moeilijk polijstbaar zijn.

Het verdient de voorkeur uit te gaan van materiaal dat reeds een goede oppervlakte-gesteldheid bezit en dat bij de vormgeving zodanig wordt gewerkt, dat maar weinig beschadigingen optreden. Het mechanisch voorpolijsten kan dan tot een minimum beperkt blijven. Bij koper en koperlegeringen kan elektrolytisch polijsten in een galvanische behandelingsreeks worden opgenomen. Grote toepassingsgebieden treft men aan bij sieraden, bestekartikelen en sanitaire artikelen.

Een aantal badsamenstellingen en werkomstandigheden is opgenomen in tabel 3.51.

TABEL 3.51 Elektrolytisch polijsten van koper en koperlegeringen

*Polygrat-proces*  
 Bad op basis van  
 - fosforzuur en  
 - ethanol

<i>Fosforzuur-chroomzuur</i>	
fosforzuur (d=1,7)	74 vol%
chromzuur (CrO <sub>3</sub> )	60 g/l
dichtheid	1,60-1,62
kathoden	lood
anode-kathode	1:2-1:3
temp., °C	35-45
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	40-50
tijd	4-5 min

<i>Faustbaden</i>	1	2
zwavelzuur(d=1,84)	14 gew%	-
fosforzuur (d=1,7)	59 gew%	75 gew%
chromzuur (CrO <sub>3</sub> )	0,5 gew%	7,5 gew%
water	26,5 gew%	17,5 gew%
temp., °C	16-77	65-75
spanning, V	-	14-16
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	10-100	30-50

Bad 2 is veelzijdig toepasbaar.

### 3.3.4 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN ROESTVAST STAAL

Op roestvast staal, vooral de 18-8 typen, wordt elektrolytisch polijsten op grote schaal toegepast. Omdat mechanisch polijsten van roestvast staal, zeker van de austenitische typen, een moeilijk proces is, dat veel energie vraagt, is elektrolytisch polijsten een goed alternatief.

Veelal zijn de badvloeistoffen gebaseerd op zwavelzuur en fosforzuur met bepaalde toevoegingen. De gevaarlijke (explosieve) baden op basis van perchloorzuur worden steeds minder gebruikt, omdat hiermee ernstige explosies zijn voorgekomen. ( In 1947 explodeerde in Los Angeles een elektrochemisch polijstbad van 800 liter, dat azijnzuur en perchloorzuur bevatte, waarbij 15 doden vielen, 150 gewonden en waarbij een schade van 2 miljoen dollar werd aangericht).

In een aantal gevallen polijst men niet tot hoogglands, maar tot een satijnghans, die voor veel voorwerpen van roestvast staal de voorkeur verdient. Soms is een speciale elektrolytische polijstkwaliiteit roestvast staal nodig; soms is voorbeitsen noodzakelijk om een oppervlak te reinigen.

Ook met de ferritische chromstalen bereikt men bij elektrolytisch polijsten goede resultaten.

Bij al deze materialen is de toename van de corrosievastheid door de passivering van groot belang.

Momenteel worden de zwavelzuur-fosforzuurbaden het meest gebruikt. Daarin onderscheidt men twee groepen, die globaal de samenstelling hebben 50-50 en 15-65.

Daarnaast wordt op beperkte schaal nog het 60-30 bad gebruikt.

Hiermee worden steeds volumedelen van het geconcentreerde handelszuur bedoeld.

Tabel 3.52 geeft badsamenstellingen en werkomstandigheden.

TABEL 3.52 Elektrolytisch polijsten van roestvast staal

<i>Bad op basis van perchloorzuur</i>	
perchloorzuur (d=1,55)	24,3 vol%
azijnzuuranhydride	75,7 vol%
koelen tot	20 °C
(explosiegevaar)	

.....

<i>Perchloorzuurbad-2</i>	
perchloorzuur (d=1,55)	18,5 vol%
azijnzuuranhydride	76,5 vol%
water	5,0 vol%
(zou minder gevaarlijk zijn)	

<i>Gemengde zuren</i>	
fosforzuur (d=1,7)	45 gew%
zwavelzuur (d=1,84)	34 gew%
chromzuur (CrO <sub>3</sub> )	4 gew%
water	17 gew%
dichtheid, kg/dm <sup>3</sup>	1,65
temp., °C	65-70
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	35-50
tijd	1-5 min

<i>41-45-bad (gewichtsdichtheid)</i>	
zwavelzuur (d=1,84)	41 liter
fosforzuur (d=1,7)	41 liter
temp., °C	65-104
spanning, V	7-18
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	20-60
tijd	100-175 Amin/dm <sup>2</sup>

Voor roestvast staal uit de 300-serie (austenitisch) werkt men bij 65 °C en 20-30 A/dm<sup>2</sup>.

Voor staaltypen uit de 400-series (ferritisch en martensitisch) is dit 90-95 °C en 29-45 A/dm<sup>2</sup>.

<i>15-63 bad</i>		
zwavelzuur (d=1,84)	14,3 liter	14,3 liter
fosforzuur (d=1,7)	85,6 liter	85,6 liter
temp., °C	50	80-90
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	5	30

<i>60-30-bad</i>		
zwavelzuur (d=1,84)	60 liter	60 liter
fosforzuur (d=1,7)	30 liter	30 liter
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	60-200	10-30

Dit is het goedkoopste bad, omdat het minder fosforzuur bevat. Hoogglans ontstaat pas bij hoge stroomdichtheden. Meestal gebruikt men dit bad bij lagere stroomdichtheden voor het verkrijgen van satijnglans.

<i>Fosforzuur-chroomzuur</i>	
fosforzuur (d=1,7)	56 gew%
chromzuur (CrO <sub>3</sub> )	12 gew%
water	32 gew%
temp., °C	27-80
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	10-100

.....

*Charlesworth-bad*

zwavelzuur (d=1,84)	55 gew%
fosforzuur (d=1,7)	22 gew%
aniline	2-3 gew%
koperzout	2 gew%
water	rest
temp., °C	60
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	5-10

Goede samenstelling voor austenitisch staal.

Door de kopertoevoeging vermindert het gassen (ontleding van water), waardoor men energie spaart.

*Citroenzuurhoudend*

citroenzuur	55 gew%
zwavelzuur (d=1,84)	15 gew%
water	30 gew%

*Glycerolhoudend*

fosforzuur	40 vol%
glycerol	40 vol%
water	20 vol%
temp., °C	95
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	20

*Weisberg en Levin-bad*

melkzuur	30 gew%
fosforzuur (d=1,7)	40 gew%
zwavelzuur (d=1,84)	13,5 gew%
water	13,5 gew%
temp., °C	70-93
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	7-30

*Salpeterzuur-azijnzuur*

salpeterzuur (d=1,42)	70 vol%
ijsazijn	30 vol%
temp., °C	max 25
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	7,5

*Zwavelzuur-glycolzuur*

zwavelzuur (d=1,84)	10-60 vol%
glycolzuur	20-80 vol%
temp., °C	80-100
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	15



.....

*Neill-bad*

zwavelzuur (d=1,84)	48 gew%
waterstoffluoride (d=1,26)	14 gew%
oxaalzuur	1 gew%
water	37 gew%
temp., °C	60-75
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	5-25

Het elektrolytisch polijsten van roestvast staal wordt toegepast voor luxe en gebruiksvoorwerpen, maar ook in de architectuur.

Bekende voorbeelden zijn: aanrechten, wasbakken, apparatuur voor de chemische industrie, reactieketels, verwarmingsspiralen, medische apparatuur, trommels voor wasmachines en draadwerk.

Diverse procédés zijn door octrooien beschermd.

Na het elektrolytisch polijsten van roestvast staal moeten de voorwerpen zeer zorgvuldig worden gespoeld, waarbij men rekening dient te houden met de hoge viscositeit van elektrolyet. Zo nodig moet men een alkalisch bad met verdunde loog of soda tussenschakelen, waardoor de badvloeistof beter afspoelbaar wordt.

Het oppervlak van elektrolytisch gepolijste roestvast stalen voorwerpen is als regel passief, zodat geen verdere passivering nodig is.

### 3.3.4.1 UITVOERING VAN ELEKTROCHEMISCH POLIJSTEN

Bij het elektrochemisch glanzen en polijsten ontstaat op het metaaloppervlak een polarisatiefilm. De hoger gelegen plaatsen krijgen de grootste stroomdichtheid, waardoor het metaal daar selectief oplost en een gladmakend effect ontstaat.

De glans wordt bepaald door de behandelingstijd, de temperatuur en de stroomdichtheid.

Als de spanning vanaf een laag niveau wordt opgevoerd stijgt de stroomdichtheid gelijkmatig mee. Het metaaloppervlak wordt dan geëtsd. Bij een bepaalde spanning, het kritische punt, stijgt de stroomdichtheid bij toenemende spanning niet meer. Voorbij dit punt stijgen spanning en stroomdichtheid weer gelijkmatig.

Agitatie door badbeweging is bij het elektrochemisch polijsten van roestvast staal altijd nodig.

Het resultaat van de bewerking is in hoge mate afhankelijk van de uitgangstoestand van het roestvaste staal.

Diepe krassen en beschadigingen, maar ook een grove of onregelmatige kristalstructuur, maken het elektrochemisch glanzen en polijsten moeilijk of onmogelijk.

.....

### 3.3.4.2 INSTALLATIE VOOR ELEKTROCHEMISCH POLIJSTEN

De gebruikte gelijkspanning, als regel geleverd door een silicium gelijkrichter, ligt tussen 3 en 18 V, meestal tussen 3 en 15 V.

De gelijkrichter moet voldoende capaciteit hebben om een stroomdichtheid tussen 2,5 en 25 A/dm<sup>2</sup> naar de badvulling te kunnen leveren.

Ophangrekken moeten geïsoleerd en afgedekt zijn, behalve als ze van titaan gemaakt zijn. Massa-artikelen kunnen in trommels gepolijst worden.

Verwarming en koeling kunnen beide noodzakelijk zijn.

Gewaakt moet worden tegen het gelijktijdig verwarmen en koelen, waardoor grote energieverliezen ontstaan. Voldoende afstand tussen de schakelpunten: 'verwarming uit' en 'koelen in' zijn daarvoor noodzakelijk.

### 3.3.5 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN ZINK

De elektrolytische polijstprocessen voor zink zijn soms kritisch. De processen worden bovendien weinig toegepast. Voor zinkspruitgietsysteem kan het een goed alternatief zijn voor mechanisch slijpen en polijsten. Tabel 3.53 geeft enige badsamenstellingen en werkomstandigheden.

TABEL 3.53 Elektrolytisch polijsten van zink

*Perchloorzuurbad*

perchloorzuur (d=1,55)	100 ml
ijsazijn	900 ml
temp., °C	20
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	15-20

Perchloor geeft explosiegevaar.  
Stroomdichtheid nauwkeurig aanhouden.

*Perchloorzuur-alcohol*

perchloorzuur (d=1,12)	100 ml
ethanol	400 ml
temp., °C	beneden 38
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	0,8

Perchloorzuur geeft explosiegevaar.  
Stroomdichtheid voor zinklegeringen variabel.

*Fosforzuur-alcohol*

fosforzuur (d=1,7)	375 ml
ethanol	625 ml
temp., °C	20
spanning, V	2,0-3,5
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	0,015-0,020

Bad werkt zeer langzaam.

.....

<i>chromzuur</i>	
chromzuur (CrO <sub>3</sub> )	200 g/l
natriumsulfaat	15 g/l
koelen	
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	2,6-7,0

### 3.3.6 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN NIKKEL EN NIKKELLEGERINGEN

TABEL 3.54 Nikkel

<i>Zwavelzuur</i>	
zwavelzuur (d=1,84)	390 ml
water	290 ml
temp., °C	beneden 35
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	40
tijd	3-5 s

Voor zuiver nikkel.

<i>Zwavelzuur-fosforzuur</i>	
fosforzuur (d=1,7)	64 gew%
zwavelzuur (d=1,84)	15 gew%
water	21 gew%
temp., °C	70
spanning, V	2,5-2,8

Voor legeringen van het Nimonic type.

<i>Azijnzuur-chroomzuur</i>	
ijszijn	133 ml
chromzuur (CrO <sub>3</sub> )	25 g
water	7 ml
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	23-29

Voor legeringen met een hoog ijzergehalte.

<i>Zwavelzuur-fosforzuur-citroenzuur</i>	
zwavelzuur (d=1,84)	50 vol%
fosforzuur (d=1,7)	41 vol%
citroenzuur	20 g/l
water	9 vol%
temp., °C	20-25
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	35-40

.....

<i>Gemengde zuren</i>	
fosforzuur (d=1,7)	33-77 gew%
zwavelzuur (d=1,84)	2-28 gew%
zoutzuur (d=1,18)	0,04-2,5 gew%
water	rest
temp., °C	32-50
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	5,3-33

### 3.3.7 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN ZILVER

TABEL 3.55 Zilver

<i>Cyaniden</i>	
kaliumcyanoferraat (II) (geel bloedloogzout)	60 g
natriumcyanide	60 g
water	tot 1 liter
spanning, V	6
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	15-25
beweging	

<i>Zilverhoudend</i>	
zilvercyanide	35 g
kaliumcyanide	35-70 g
kaliumcarbonaat	38-40 g
water	tot 1 liter
spanning, V	2,5-3,5
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	2
tijd	10 min

### 3.3.8 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN GOUD

TABEL 3.56 Goud

<i>Cyanidebad</i>	
kaliumcyanide	67,5 g/l
seignettezout	15 g/l
fosforzuur (d=1,7)	18,5 g/l
ammonia (d=0,9)	2,5 g/l
temp., °C	beneden 60
spanning, V	5-10
sterk bewegen	

.....

<i>Azijn-zwavelzuur</i>	
ijszijn	10 g/l
zwavelzuur (d=1,84)	3 ml/l
thioureum	25 g/l
temp., °C	25-45
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	1,5-3,5

### 3.3.9 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN LOOD

TABEL 3.57 Lood

<i>Perchloorzuur</i>	
perchloorzuur (d=1,76)	300 ml
ijszijn	700 ml
spanning, V	10
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	40-60
tijd	2-5 min

Explosiegevaar bij perchloorzuur.  
Voor legeringen met een gering zilveragehalte.

<i>Fluoroboorzuur</i>	
fluoroboorzuur (40 gew%)	60 vol%
water	40 vol%
temp., °C	20-40
spanning, V	16-21
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	370-700
tijd	3-5 s

### 3.3.10 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN TIN

TABEL 3.58 Tin

<i>Perchloorzuur</i>	
perchloorzuur (d=1,55)	194 ml
ijszijn	806 ml
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	9-15

Explosiegevaar.

<i>Fluoroboorzuur</i>	
fluoroboorzuur (40 gew%)	40 vol%
water	60 vol%
spanning, V	15-17
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	42-56
tijd	3-5 s

Ook voor loodhoudende legeringen.

.....

### 3.3.11 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN CADMIUM

TABEL 3.59 Cadmium

<i>Perchlorzuur</i>	
perchlorzuur (d=1,20)	200 ml
ethanol	700 ml
butylglycol	100 ml
spanning, V	70-80

Explosiegevaar door perchloorzuur.

### 3.3.12 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN CHROOM

TABEL 3.60 Chroom

<i>Fosforzuur-zwavelzuur</i>	
fosforzuur (d=1,7)	64 vol%
zwavelzuur (d=1,84)	15 vol%
water	21 vol%
temp., °C	22-120
spanning, V	18
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	150

<i>Perchlorzuur</i>	
perchlorzuur (d=1,60)	200-300 ml
ijszijn	700-800 ml
spanning, V	10
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	10-12

Explosiegevaar door perchloorzuur.

### 3.3.13 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN TITAN

TABEL 3.61 Titaan

<i>Perchlorzuur</i>	
perchlorzuur	10 ml
azijnzuuranhydride	200 ml
temp., °C	beneden 40
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	100
tijd	4 min

Explosiegevaar door perchloorzuur.

.....

<i>Waterstoffluoride</i>	
waterstoffluoride (d=1,26)	6 gew%
etheenglycol	88 gew%
water	6 gew%
temp., °C	20-40
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	8-10

<i>Waterstoffluoride-chroomzuur</i>	
waterstoffluoride (50 vol%)	160 ml
chroomzuur (CrO <sub>3</sub> )	500 g
water	tot 1 liter
temp., °C	15-20
spanning, V	3-7
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	20-50

### 3.3.14 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN TANTAAL

TABEL 3.62 Tantaal

<i>Zwavelzuur-waterstoffluoride</i>	
zwavelzuur (d=1,84)	90 ml
waterstoffluoride (48 gew%)	10 ml
temp., °C	35-45
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	10

<i>Waterstoffluoride-salpeterzuur</i>	
waterstoffluoride (48 gew%)	100 ml
salpeterzuur (d=1,42)	100 ml
water	350 ml
temp., °C	30-50
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	2-15

### 3.3.15 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN ZIRKON EN HAFNIUM

TABEL 3.63 Zirkon en hafnium

<i>Ammoniumbifluoride</i>	
ammoniumbifluoride	220-500 g/l
koperzout	weinig
temp., °C	20
pH	6,5-7,0
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	1-4

.....

### 3.3.16 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN THORIUM

TABEL 3.64 Thorium

<i>Zwavelzuur-fosforzuur</i>	
zwavelzuur (d=1,84)	100 g/l
fosforzuur (d=1,88)	108 g/l
temp., °C	55
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	15

### 3.3.17 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN URAAN

TABEL 3.65 Uraan

<i>Perchloorzuur</i>	
perchloorzuur (d=1,20)	200 ml
ethanol	700 ml
butylglycol	100 ml
spanning, V	40
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	50
tijd	20 s

Explosiegevaar door perchloorzuur.

<i>Chroomzuur-azijnzuur</i>	
chroomzuur (CrO <sub>3</sub> )	100 ml
ijsazijn	300 ml
spanning, V	50
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	320
tijd	30-60

### 3.3.18 ELEKTROLYTISCH POLIJSTEN VAN PLUTONIUM EN ALLE ANDERE METALLISCHE TRANSURANEN

De elementen thorium, Th, 80 tot en met lawrentium, Lr, 103 horen thuis in één groep van het periodiek systeem en vertonen sterke overeenkomst in chemisch gedrag. Van de elementen rutherfordium, Rf, 104 tot (tot nu toe) meitnerium, Mt, 109 is nog te weinig bekend.

TABEL 3.66 Plutonium

<i>Salpeterzuur</i>	
salpeterzuur (d=1,33)	20 ml
diëtheenglycol	80 ml
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	10

Intensieve beveiliging noodzakelijk, wegens gezondheidsgevaar; 1 µg is dodelijk.



.....

### 3.3.19 WISSELSTROOMPROCESSEN VOOR HET ELEKTROLYTISCH GLANZEN EN POLIJSTEN VAN METALEN

Naast anodische gelijkstroomprocessen zijn voor diverse metalen wisselstroomprocessen ontwikkeld voor het elektrochemisch glanzen en polijsten. De tabellen 3.67 tm 3.73 vermelden de voornaamste typen.

### 3.3.20 WISSELSTROOMPOLIJSTEN VAN KOOLSTOFSTAAL

TABEL 3.67 Koolstofstaal

<i>Fosforzuurmengsels</i>		1	2	3	4	5
fosforzuur	ml	940	1000	1000	1000	1000
azijnzuuranhydride	ml	-	-	-	150	-
zwavelzuur (d=1,84)	ml	-	-	-	-	50
oxaalzuur	g	30	40	-	-	-
wijnsteenzuur	g	-	15	-	-	-
gelatine	g	40	10	1	10-20	-
glycerol	ml	-	-	-	-	400
water	ml	60	-	-	-	-
temp.	°C	20-60	20	20	20	<50
stroomdichtheid	A/dm <sup>2</sup>	20-120	8	10-20	8	60-100
spanning	V	-	-	15	3,5-4	-
tijd	min	-	-	3-5	3-5	0,5-2

### 3.3.21 WISSELSTROOMPOLIJSTEN VAN ALUMINIUM

TABEL 3.68 Aluminium

<i>Carbonaatoplossingen</i>		1	2	3
natriumcarbonaat	gew%	12-25	-	-
kaliumcarbonaat	gew%	-	15	-
kaliumhydroxide	gew%	-	-	5-20
temp.	°C	>50	>60	-
spanning	V	40-50	10-30	-
stroomdichtheid	A/dm <sup>2</sup>	80-150	50-100	50-100
tijd	s	10-30	30	30-120

### 3.3.22 WISSELSTROOMPOLIJSTEN VAN ROESTVAST STAAL

TABEL 3.69 Roestvast staal

<i>Salpeter-azijnzuur</i>	
salpeterzuur (d=1,42)	70 gew%
ijsazijn	30 gew%
temp., °C	12-15
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	4-200

.....

<i>Fosforzuur</i>	
fosforzuur (d=1,5)	1000 ml
kaliumhydroxide	10 g
melk-caseïne	30 g
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	4-8
spanning, V	11-16

Wordt in Japan gebruikt in de tandheelkunde.

### 3.3.23 WISSELSTROOMPOLIJSTEN VAN NIKKEL

TABEL 3.70 Nikkel

<i>Zwavelzuur</i>	
zwavelzuur (d=1,6)	100%
temp., °C	20-70
spanning, V	6-8
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	>60
tijd	30 s

<i>Fosforzuur</i>	
fosforzuur (d=1,6)	100%
temp., °C	20-70
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	>60
tijd	30-60 s

### 3.3.24 WISSELSTROOMPOLIJSTEN VAN TIN

TABEL 3.71 Tin

<i>Sulfide-oplossing</i>	
natriumsulfide 9 aq	50 g
natriumpolysulfide (20 gew%)	3 ml
natriumnitriet	2-5 g
temp., °C	20
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	100-130

### 3.3.25 WISSELSTROOMPOLIJSTEN VAN ZILVER

TABEL 3.72 Zilver

<i>Boorzuur</i>	
boorzuur	20 g
ammonia (d=0,88)	8-12 ml
water	40 ml
temp., °C	20
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	200-250

.....

### 3.3.26 WISSELSTROOMPOLIJSTEN VAN GOUD

TABEL 3.73 Goud

<i>Cyamide-oplossing</i>	
kaliumcyanide	65 g
kaliumcarbonaat	15 g
water	tot 1000 ml

Wordt in Japan gebruikt in de tandheelkunde voor 20 kt. goud. Kan ook voor zilver gebruikt worden.

### 3.4 ONTBRAMEN

De bewerking ontbramen (Engels: deburring, Duits: Entgraten, Frans: émorfier), die (minder juist) ook wel afbramen wordt genoemd, kan op diverse manieren worden uitgevoerd:

- mechanisch, stuksgewijs
- als trommel- of vibratorbewerking, voor grote aantallen tegelijk, zie 1.4
- chemisch
- elektrochemisch
- thermisch.

Voor mechanisch ontbramen zijn speciale gereedschappen in de handel, die bijvoorbeeld afgeknipte plaatranden snel en eventueel zonder gebruik van menselijke kracht kunnen ontbramen.

Chemisch ontbramen is in feite een beitsbewerking, waarbij het gehele werkstukoppervlak door het beitsmiddel, meestal een beitszuur, wordt aangetast. Omdat de bramen als regel sterk koudvervormd zijn hebben ze een grotere energie-inhoud dan het overige metaal, zodat beitszuren tot op zekere hoogte bramen versneld aantasten.

De normale zuurmengsels, die in 3.1 zijn besproken, maar vooral de samenstellingen, die gebruikt worden voor chemisch glanzen en polijsten, zie 3.2, zijn voor dit doel geschikt.

#### 3.4.1 CHEMISCH ONTBRAMEN

Bij chemisch ontbramen kan men diverse gradaties onderscheiden.

Het kan zijn dat men alleen bramen, dat is materiaal dat buiten de vlakken van het voorwerp ligt, wil verwijderen, maar aan de oppervlakken zelf geen verandering wenst en ook de scherpte van de rand wil handhaven.

Ook komt het voor dat men de kanten in meerdere of mindere mate wil breken of afronden. Het oppervlak van de voorwerpen wordt dan duidelijk veranderd. Vaak treedt chemisch glanzen op. Ook de maatvoering kan dan anders worden.

.....

Bij chemisch glanzen worden scherpe randen vrijwel altijd ontbraamd en tot op zekere hoogte afgerond.

Soms kan het nodig zijn de bramen te verwijderen maar de scherpte te handhaven.

Een voorbeeld hiervan treft men aan bij roestvast stalen injectienaalden.

De meest gebruikte badsamenstellingen voor chemisch ontbramen zijn gebaseerd op zwavelzuur + fosforzuur.

Het zwavelzuur-fosforzuurmengsel wordt warm gebruikt en de hoeveelheid water in het mengsel is meestal lager dan 50%.

Er zijn voor dit doel diverse handelsproducten op de markt. Deze bevatten meestal ook kleine hoeveelheden zoutzuur en salpeterzuur en ook inhibitoren. Ze worden gebruikt tot 90 °C. De afnamesnelheid is 1-5 micrometer per minuut, zodat de behandeling altijd korter duurt dan een uur.

Vaak vallen de verwijderde bramen in het bad. Door ze regelmatig te verwijderen, bijvoorbeeld met een bandfilter, spaart men chemicaliën, omdat ze dan niet kunnen oplossen en men vermindert het afvalprobleem.

### **3.4.2 ELEKTROLYTISCH ONTBRAMEN**

Elektrolytisch ontbramen treedt op als neveneffect van elektrolytisch polijsten. Door de concentratie van de elektrische krachtlijnen op scherpe randen heerst op die plaatsen een grotere stroomdichtheid dan op het overig oppervlak, waardoor de metaalafname daar ook sneller plaatsvindt.

De gebruikte badvloeistoffen zijn dezelfde als voor elektrolytisch polijsten. Er wordt warm tot heet gewerkt met stroomdichtheden van 20-50 A/dm<sup>2</sup>. De behandelingstijd is veel korter dan bij chemisch ontbramen, meestal niet meer dan 10 minuten.

Bij homogeen materiaal ontstaat tevens glans. Bij niet-homogeen materiaal, bijvoorbeeld lasnaden, kan sterke plaatselijke aantasting ontstaan.

Typische toepassingen van elektrochemisch ontbramen zijn pomponderdelen, blinde gaten, tandwielen, injectienaalden, onderdelen van kantoormachines, textielmachine-onderdelen, vliegtuig- en raketonderdelen.

De methode is vooral geschikt voor die plaatsen aan voorwerpen, die moeilijk toegankelijk zijn voor mechanisch ontbramen.

De chemische en elektrochemische methoden hebben het voordeel dat de voorwerpen niet mechanisch worden belast, zodat geen vervormingen kunnen optreden.

Vooraf voor tere en dunwandige voorwerpen is dit gunstig.

Als men de bramen niet in 5 à 15 minuten kan verwijderen, is het in het algemeen economischer een andere ontbraammethode te gebruiken. Tabel 3.74 geeft enige badsamenstellingen en werkomstandigheden. In veel gevallen kan men elektrochemisch ontbramen combineren met elektrolytisch polijsten. Men bereikt dan twee dingen tegelijk: het oppervlak wordt geglansd en de bramen verdwijnen.

Voor dit doel kan gebruik gemaakt worden van de badvloeistoffen voor elektrochemisch polijsten, die in 3.3. zijn besproken.

.....

TABEL 3.74 Elektrochemisch ontbramen

Staal

zwavelzuur (d=1,84)	50 vol%
fosforzuur (d=1,7)	50 vol%
temp., °C	55-95
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	15-30

fosforzuur (d=1,7)	85 vol%
chromzuur (CrO <sub>3</sub> ), verz.	5 vol%
zwavelzuur (d=1,84)	5 vol%
water	5 vol%
temp., °C	55-120
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	15-30

Aluminium

fosforzuur (d=1,7)	85 vol%
chromzuur (CrO <sub>3</sub> )	5 vol%
zwavelzuur (d=1,84)	5 vol%
water	5 vol%
temp., °C	60-80
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	10

Koper en koperlegeringen

fosforzuur (d=1,7)	85 vol%
chromzuur (CrO <sub>3</sub> ), verz.	5 vol%
water	10 vol%
temp., °C	55-65
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	15-30

Nikkel en nikkellegeringen

fosforzuur (d=1,7)	50 vol%
zwavelzuur (d=1,84)	50 vol%
temp., °C	45-75
stroomdichtheid, A/dm <sup>2</sup>	5-20

Ook andere verhoudingen worden gebruikt.

### 3.4.3 THERMISCH ONTBRAMEN

Met thermisch ontbramen kunnen in- en uitwendige bramen van metalen onderdelen worden verwijderd. Bij thermisch ontbramen worden de onderdelen in een drukkamer gelegd. De kamer wordt gesloten en gevuld met een gasmengsel en het gasmengsel wordt tot ontsteking gebracht.

.....

Door de hitte die tijdens de verbranding kortstondig optreedt, verbranden alle bramen omdat hun oppervlakte in verhouding tot het volume (smalle braamvoet) groot is.

Door de warmtecapaciteit en hun volume worden de onderdelen slechts matig verwarmd. De voorwerpen moeten eerst ontvet worden om een ongewenste reactie van vet met het gasmengsel te voorkomen.

De voorwerpen worden daarna in een explosievaste ontbraamkamer geplaatst. Als de ontbraamkamer gesloten is, wordt deze gevuld met een explosief gasmengsel, dat door middel van een bougie tot ontsteking wordt gebracht (men noemt dit ook wel 'schieten').

Tijdens de kortstondige verbranding (enige milliseconden) ontstaat een temperatuurpiek die, afhankelijk van de afstelling van de ontbraammachine, kan oplopen tot 3000 °C.

Verpanningsbramen, die normaliter een grotere oppervlakte bezitten in vergelijking tot de braamvoet, nemen relatief veel warmte op, doch kunnen vanwege de smalle braamvoet deze warmte niet snel genoeg weggeleiden naar de massa van het werkstuk, waardoor de braam tijdens de temperatuurpiek verbrandt. Doordat tijdens het ontbraamproces de bramen verbranden en zich als een oxidelaag op het product afzetten, moeten de ontbraamde onderdelen nadien gebeitst worden.

Thermisch ontbramen, door snel verhitten in een zuurstofrijke atmosfeer, ondervindt bij hooggelegeerde materialen, zoals roestvast staal en superlegeringen moeilijkheden omdat deze materialen moeilijk verbranden.

### 3.5 DIEPETSSEN

Bij diepetsen, wordt plaatselijk metaal verwijderd. Hiervoor bestaan diverse belangrijke toepassingen; enige daarvan zijn reeds besproken:

- de vervaardiging van naamplaten
- tijdens de fabricage van gedrukte bedradingen (printplaten), zie 3.1.4.5
- voor het maken van metaalgaas, o.a. scheerbladen
- bij clichéfabricage, zie 3.1.4.12
- bij het aanbrengen van het beeld op diepdrukcilinders, zie 3.1.4.12
- in de kunstnijverheid
- de vervaardiging van schaduwmaskers voor TV beeldbuizen.

Opgemerkt kan hier worden dat met behulp van laserstraling snel, zeer fraai en zeer strak kan worden geëtsd. Deze methode heeft in korte tijd veel toepassingen gevonden, bijvoorbeeld op bestekartikelen.

De overgang van diepetsen naar de nog verdergaande bewerking: chemisch frezen, zie 3.6, is geleidelijk. Er is geen principieel, maar slechts een graduueel verschil tussen deze beide bewerkingen.

.....

### 3.5.1 AFDEKKEN

Karakteristiek bij diepetsen (èn bij chemisch en elektrochemisch frezen) is dat het proces slechts op gedeelten van het metaal inwerkt. De plaatsen, die niet mogen worden aangetast, worden met een geschikt afdekmiddel, vaak etch resist genoemd, tegen de inwerking van het etsmiddel beschermd.

Als afdekmiddel worden gebruikt:

- afdeklak- of inkt
- lichtgevoelige afdekmiddelen
- metaallagen
- stencils, die de etsvloeistof op de gewenste plaatsen doorlaten.

*Afdeklakken of -inkten* worden meestal aangebracht door zeefdrukken.

Vroeger gebruikte men vaak lakken op basis van asfaltbitumen, maar tegenwoordig worden meestal kunstharlakken gebruikt.

Bij het zeefdrukken wordt de afdeklak reeds in het gewenste etspatroon aangebracht. Na het etsen moet de lak worden verwijderd. Er zijn twee groepen van deze afdeklakken; de eerste groep is in water oplosbaar. De andere groep wordt verwijderd met een oplosmiddel.

*Lichtgevoelige afdekmiddelen* worden uitgehard en daardoor bestand tegen het etsmiddel door belichting met ultraviolette straling. Men kan ze op diverse manieren aanbrengen: door zeefdrukken, door dompelen en door lakgordijngieten. Eventueel is ook spuiten mogelijk. Dit zijn alle natte processen.

Een droog proces is het lamineren, het opkleven van de fotegevoelige laag. Bij het belichten wordt een masker gebruikt, dat de weg te etsen delen afdekt. De belichte lak wordt gehard door de UV-straling en het niet-belichte deel kan worden weggespoeld (het beeld wordt 'ontwikkeld'). Dit kan gebeuren met water of voor een ander type afdeklak met een oplosmiddel. Na het etsen wordt het restant lak ook verwijderd, nu met een ander oplosmiddel.

Als *metallische afdekkingen* worden gebruikt:

- lood-tin
- tin
- goud
- nikkel
- tin-nikkel
- rodium.

Opgemerkt moet worden dat bij het gebruik van metallische etsmiddelen tijdens het etsen een elektrochemisch element kan worden gevormd, waardoor extra onderetsing ontstaat.

*Stencils* worden op beperkte schaal gebruikt. Ze worden op het te etsen oppervlak gelegd, waarna het etsmiddel de doorlatende plaatsen kan aanetsen. Een toepassing is bijvoorbeeld het matetsen van een beeldmerk of naam op roestvast stalen bestekartikelen.

.....

In 3.5.2 t/m. 3.5.4 worden enige andere praktijkvoorbeelden van diepetsen besproken.

### **3.5.2 NAAMPLATEN**

De bewerkingvolgorde bij de vervaardiging van naamplaten is bijvoorbeeld:

- reinigen
- afdekinkt aanbrengen door drukken
- de aandrogende, maar nog kleverige inkt strooien met asfaltbitumenpoeder
- bitumen smelten tot 200 °C
- etsen
- spoelen en drogen
- afdekmiddel verwijderen
- eventueel inkleuren van het weggeëtste deel met lak, bij aluminium, door in kleur te anodiseren.

Diverse beitsmiddelen, die beschreven zijn in hoofdstuk 7, zijn voor dit doel geschikt. Voor aluminium wordt een diepetsmiddel van afwijkende samenstelling aanbevolen:

ijzer(III)chloride 10 gew%	2 vol. delen
koper(II)chloride 10 gew%	2 vol. delen
zoutzuur (d=1,18)	1 vol. deel
alcohol	2-6 vol. delen.

### **3.5.3 ZEEFGAAS**

Zeefgaas vindt uitgebreide toepassing in de chemische en de levensmiddelen-industrie en voorts is het één van de vervaardigingsmethoden voor scheerbladen van elektrische scheerapparaten.

Zeefgaas kan op diverse manieren worden vervaardigd:

- door weven van metaalgaas
- door diepetsen van metaalfolie, dit hoofdstuk
- galvanoplastisch, zie hoofdstuk 8.

De vervaardiging van zeefgaas door diepetsen verloopt in grote lijnen op dezelfde manier als bij het etsen bij het vervaardigen van printplaten en het etsen in de grafische industrie:

- reinigen
- afdekken met een lichtgevoelige lak
- belichten door een masker
- ontwikkelen (niet-belichte deel wegspoelen)
- etsen
- spoelen en drogen
- afdekmiddel verwijderen.



.....

Voor het etsen worden, al naar het type metaalfolie dat wordt gebruikt, etsmiddelen toegepast als omschreven in 3.1.

Bij het vervaardigen van zeefgaas etst men vaak van twee zijden tegelijk om de effecten van onderetsing te nivelleren.

### **3.5.4 ETSEN IN DE KUNSTNIJVERHEID**

Diverse technieken van etsen in de kunstnijverheid toegepast. Naast het droge naaldetsen (eigenlijk inkrassen) wordt veel meer het etsen met een afdekmiddel toegepast. Meestal maakt men gebruik van een tamelijk zacht afdekmiddel, dat bijvoorbeeld bijenwas, asfaltbitumen, paraffine en soms ook kleurstof bevat. De lak kan worden opgesmolten of als een oplossing worden aangebracht.

Na het drogen wordt gegraveerd met een naald, er wordt geëts en het etsmiddel wordt verwijderd.

### **3.6 CHEMISCH FREZEN**

Chemisch frezen, ook bekend als 'chemical milling', is een proces, dat in grote lijnen overeenkomt met diepetsen, maar dat gebruikt wordt voor werkstukken die anders door frezen zouden moeten worden vervaardigd. Bij chemisch frezen wordt over het algemeen ook veel meer materiaal afgenomen dan bij diepetsen.

Het zijn vooral ingewikkelde werkstukken uit de vliegtuigbouw, de ruimtevaart en de raketbouw, die voor dit proces in aanmerking komen.

Het proces omvat:

- reinigen
- chemische oppervlaktebehandeling, conversielaag, voor de hechting van de afdekmiddelen
- afdekken
- controle van de afdekking op poriën
- eventuele poriën repareren
- aftekenen
- afdekking gedeeltelijk wegnemen
- vrijgemaakte gedeelten reinigen
- etsen
- spoelen
- afdekking wegnemen.

Eventueel wordt het proces herhaald, maar nu met een ander afdekpatroon, bijvoorbeeld om trapsgewijs materiaal te verwijderen.

Ook taps etsen is mogelijk door werkstukken langzaam in etsvloeistof te laten zakken. Het onderste gedeelte is het langst met het etsmiddel in aanraking en daarvan wordt het meeste materiaal verwijderd.

De etsmiddelen worden toegepast door onderdompeling, met zeer goede badbeweging of door sproeien.

.....

Het proces wordt vooral toegepast op aluminium, daarnaast ook op titaan, staal, magnesium en roestvast staal.

Voor de praktische uitvoering van chemisch frezen is veel ervaring en know how nodig.

Enige badsamenstellingen voor het chemisch frezen van aluminium zijn opgenomen in tabel 3.75.

Aan de afdekmiddelen voor chemisch frezen worden hoge eisen gesteld. Men gebruikt bestendige materialen, zoals PVC of Neoprene.

Evenals bij diepetsen vindt bij chemisch frezen het aanetsen van het materiaal niet loodrecht naar beneden plaats, maar er treedt ook materiaalverwijdering onder het afdekmiddel op.

Belangrijk is, dat dit gelijkmatig gebeurt, zodat geen gekartelde etsranden ontstaan.

In diverse landen wordt de onderetsfactor met verschillende formules aangeduid. Bovendien is de formule anders bij diepetsen voor printplaatfabricage dan bij chemisch frezen.

Algemeen kan men zeggen dat de onderetsfactor de verhouding is tussen de etsdiepte T en de onderetsing d. In formule:

$$\text{onderetsfactor} = \frac{T}{d}$$

Ook de formule  $F = \frac{Q}{D}$  komt men tegen.

Deze onderetsdiepte kan door de etstechniek worden beïnvloed.

Behalve dompelen kan men de werkstukken ook besproeien met etsvloeistof. Dit geeft vaak een gelijkmatiger oppervlak.

TABEL 3.75 Chemisch frezen van aluminium

USA

natriumhydroxide	75-105 g/l
temp., °C	70-90
voor gebruik toevoegen	
aluminium	6 g/l
maximum aluminiumgehalte	30 g/l

Engeland

natriumhydroxide	100-150 g/l
temp., °C	70-90

*Toevoegingen voor beide baden.*

bevochtigers  
sequestreermiddelen  
voor het verwijderen van zware metalen:  
sulfide of zwavel  
natriumcyanide  
gluconaat.

.....

### Boeing

salpeterzuur (d=1,4)	18 liter
zoutzuur (d=1,16)	7,5 liter
waterstoffluoride ( 60 gew%)	6 liter
ijszijn	2,5 liter
oxaalzuur	24 g
dinatrium fosfaat	12 g
water	tot 100 liter
temp., °C	55

### Zuur etsmiddel

chromzuur (CrO <sub>3</sub> )	420 g
zwavelzuur (d=1,84)	12 liter
water	tot 100 liter
temp., °C	30-90

## 3.7 ELEKTROCHEMISCH FREZEN

Door het proces van chemisch frezen elektrolytisch uit te voeren kan men beter sturen. De bewerkingsnelheden worden groter en het proces is op meer materialen uitvoerbaar.

Door gebruik te maken van geschikte elektrolieten kan de vorm van de kathode in de anode worden weggeëtsd, zonder dat het proces van herhaald afdekken en gedeeltelijk etsen noodzakelijk is.

Soms werkt men met bewerkingscellen, waar de vloeistof met kracht doorheen wordt gepompt en waarin wordt gewerkt met zeer hoge stroomdichtheden.

Met behulp van kathodisch geschakelde mallen kan men bij elektrolytisch frezen ingewikkelde vormen in metalen verkrijgen.

Dit proces mag niet worden verward met vonkerosie.

Bij het vervaardigen van stempels en matrijzen moet men, indien mechanisch frezen wordt uitgevoerd, dit doen op zacht, nog niet veredeld staal. Bij de warmtebehandeling, die daarop volgt, treden kleine vormveranderingen op, die nabewerken noodzakelijk maken.

Elektrolytisch frezen kan echter ook worden uitgevoerd op staal, dat reeds de volledige warmtebehandeling heeft ondergaan.