

metaal

Michiel Langeveld (zelfstandig metaalrestaurator, email: info@metaalrestaurator.nl)

Metalen hebben altijd een belangrijke rol gespeeld in de ontwikkeling van de mensheid. Niet voor niets wordt er na de steentijd gesproken over een koper-, brons-, en ijzertijd. De oudste voorwerpen van metaal zijn koperen kralen uit het noorden van Irak; ze zijn ongeveer elfduizend jaar geleden gemaakt. Deze kralen bestaan uit vrijwel zuiver koper dat indertijd in gedegen vorm (dat wil zeggen: niet met andere stoffen vermengd) werd gevonden. De winning van koper uit erts vond zeventuizend jaar geleden al plaats in het noorden van de zogenaamde Vruchtbare Halve Maan (Israel tot de Perzische Golf). Koper werd om zijn mooie glans in de oudheid veel gebruikt, met name voor de vervaardiging van wapens, werktuigen en sieraden.

IJzer werd in eerste instantie ook in gedegen vorm gevonden; dit ijzer was afkomstig van meteorieten. De oudst voorwerpen waarin stukjes meteorietijzer zijn verwerkt, dateren van ca. 4000 v. Chr. Ongeveer duizend jaar later waren het waarschijnlijk als eerste de Hittieten in Azië die erin slaagden ijzer uit erts te bereiden met behulp van houtskool. Waarschijnlijk om strategische redenen (de productie van wapens) bleef dit proces lange tijd geheim; pas rond 1200 v. Chr. begon de kennis van ijzerproductie zich over de wereld te verspreiden. Deze kennis kwam rond 800 v. Chr. beschikbaar in Europa (Balkan en Oostenrijk). De volgende stap was de ontdekking van ijzerbereiding met behulp van cokes, hiermee werd in de negentiende eeuw de industriële revolutie ingeleid.

Met de komst van stoomkracht, elektriciteit en nieuw natuurwetenschappelijk onderzoek veranderde er veel. Men ontdekte nieuwe legeringen (samensmeltingen van verschillende metalen), metaal werd met stoommachines bewerkt en met behulp van elektriciteit werden vanaf ca. 1840 op grote schaal voorwerpen voorzien van een galvanische laag van bijvoorbeeld zilver, chroom of nikkel.

Metalen objecten zijn er in alle soorten en maten, uitgevoerd in een scala aan metalen en metaallegeringen: ijzeren werktuigen en gereedschappen die jarenlang dienst hebben gedaan en slijtagesporen dragen van het dagelijkse gebruik, zilveren pronkstukken die het in vorm gegoten of gedreven familiekapitaal vertegenwoordigden, fijne juwelen en menshoge bronzen beelden, monturen van porseleinen vazen, beslag op meubelen en gouddraad in brokaatweefsel.

Maakproces

De meeste zuivere metalen zijn niet geschikt voor het vervaardigen van voorwerpen. Men kan de eigenschappen van metalen (zoals hardheid, verwerkbaarheid en kleur) beïnvloeden door legeren. Legeren is het samensmelten van twee of meerdere metalen (en soms andere elementen zoals koolstof) waardoor een legering ontstaat met specifieke eigenschappen. Zuiver zilver is, net als zuiver goud, te zacht om gebruikt te kunnen worden voor bijvoorbeeld een sieraad. Door toevoeging van 7,5% koper ontstaat een legering die harder en sterker is. Een legering van zilver met 7,5% koper heet in Nederland 'eerste gehalte', ook wel sterlingzilver genoemd; deze legering bestaat uit 925 delen zilver en 75 delen koper.

Het goudgehalte in legeringen wordt uitgedrukt in karaten. Puur goud is 24 karaats; 18 karaats goud bestaat uit 750 delen goud op totaal 1000 delen (18/24). Naast het beïnvloeden van onder andere de bewerkbaarheid, is ook het kostenaspect een belangrijke reden voor legeren: naarmate er meer zilver of onedel metaal aan het goud wordt toegevoegd wordt de legering goedkoper.

Andere veel voorkomende legeringen die dateren van voor de industrialisatie zijn: messing (koper met ca. 35% zink), brons (koper met wisselende percentages tin en soms wat lood), staal (ijzer

met max. 2% koolstof), gietijzer (ijzer met ca. 4% koolstof) en peauter of tin (tin met variërende hoeveelheden koper en/of lood). Tijdens de industrialisatie werden door de voortschrijdende natuurwetenschappelijke kennis steeds meer legeringen bedacht, zodat er nu alleen al tientallen verschillende bronslegeringen bestaan, elk met zijn specifieke eigenschappen.

Gieten

Door het metaal te verhitten boven het smeltpunt wordt het vloeibaar en kan het worden gegoten in vrijwel iedere gewenste vorm. Voor zuiver goud ligt het smeltpunt op 1064° C, voor zilver op 941° C. Het gieten kan op verschillende manieren gebeuren. De twee belangrijkste methoden zijn het gieten volgens de zandgietmethode en het gieten 'à cire perdue'.

Bij het gieten volgens de zandgietmethode wordt eerst een gietmodel uit een hard en stevig materiaal gemaakt dat een exact voorbeeld is voor het te vervaardigen voorwerp. Met dit gietmodel wordt een gietvorm gemaakt door het object in gietzand te drukken. In de aldus ontstane gietvorm wordt het vloeibare metaal gegoten, hiermee ontstaat een positieve afdruk van het gietmodel.

Bij het cire-perduegieten, ook wel de 'verloren-wasmethode' genoemd, wordt eerst een model in was gemaakt. Rond dit model wordt gips vermengd met stro gegoten; wanneer dit geheel wordt omgekeerd en verwarmd, smelt de was en loopt daardoor uit het mal. Hierdoor ontstaat een holte in de gipsen gietvorm waarin het vloeibare metaal wordt gegoten. Men spreekt van de directe cire-perduemethode als de kunstenaar of gieter een origineel in was vervaardigd en dit gebruikt voor het maken van de gietmal. Hierdoor kan slechts één exemplaar van het oorspronkelijke origineel in metaal worden gegoten. Ook kan men eerst een gietmodel maken in bijvoorbeeld metaal of hout waarvan vervolgens een mal wordt gemaakt. In deze mal wordt was gegoten waardoor een wassen kopie ontstaat van het originele gietmodel. Dit wasmodel kan men dan weer gebruiken om een gipsen gietmal te maken. Bij deze indirecte methode kunnen series geproduceerd worden, hetgeen ook bij het eerder besproken zandgietmethode mogelijk is.

Hameren en drijven

Hameren is de techniek waarbij met behulp van allerlei verschillende hamers en ijzeren staken (kleine aambeelden) voorwerpen worden gemaakt uit plaatmateriaal. Door het slaan met de hamer, al dan niet op de staak, kan uit een vlakke plaat bijvoorbeeld een beker of bord worden vervaardigd.

Door drijven wordt met behulp van hamers en ponsen een reliëf aangebracht in de plaat,; hierdoor ontstaan versieringen en soms hele voorstellingen.

Ciseleren

Ciseleren is een afwerkingstechniek. Deze term wordt gebruikt voor het afwerken van drijfwerk, waarbij met kleine ponsen de detaillering van de versiering of voorstelling kan worden bewerkt. De term ciseleren wordt ook gebruikt voor het afwerken van gietstukken wanneer met ponsen alle oneffenheden en gietgallen worden weggewerkt en eventuele detaillering (bijvoorbeeld in de haardracht) wordt aangebracht.

Draadtrekken

Draad kan in elke gewenste dikte en vorm gemaakt worden met behulp van trekijzers: stalen platen met een aflopende rij gaten waardoor een draad achtereenvolgens getrokken wordt. Hierbij wordt per trekgang de draad steeds iets dunner en langer. Door gebruik te maken van gaten in verschillende vormen kan ronde, maar ook vierkante of halfronde draad worden getrokken. Als uitgangspunt

gebruikt men staafjes die in een ijzeren gietmal worden gegoten. Holle buizen maakt men door plaat iets rond te zetten en door het trekijzer te halen.

Solderen

Solderen is een van de makkelijkste en meest veelzijdige methodes om twee metaaldelen aan elkaar te verbinden. Men onderscheidt zachtsolderen en hardsolderen. Voor het solderen worden vet, vuil en oxidatie van de te solderen oppervlakken verwijderd, meestal door licht opschuren. Om te voorkomen dat het oppervlak van het metaal door de hitte van het solderen oxideert (waardoor het soldeer niet goed zou houden), wordt een vloeimiddel aangebracht.

Bij zachtsolderen bestaat het soldeer voornamelijk uit een mengsel van lood en tin. Dit soldeer smelt bij ca. 180° tot 220° C. Met een in het vuur heet gemaakt soldeerdijzer wordt het soldeer tot smelten gebracht. Zachtsoldeer is niet geschikt voor edele metalen.

Hardsoldeer smelt bij temperaturen boven de 690° C. en bestaat, al naar gelang de toepassing, voor een deel uit zilver en/of goud, zodat de kleur van het soldeer overeenkomt met het te solderen metaal. Vroeger werd op de te solderen plekken een stukje soldeer gelegd, waarna het voorwerp werd verhit in een oven. Nu wordt het voorwerp meestal verhit met behulp van gasbranders.

Vuurvergulden

Goud in poedervorm wordt met kwik gemengd waardoor een goudamalgaam ontstaat. Het oppervlak van het voorwerp wordt ingesmeerd met dit goudamalgaam en verhit. Door het verhitten verdampt het kwik en blijft een goudlaag achter op het object.

Om goud uit te sparen werden bij vuurvergulden alleen de zichtbare delen verguld. Bij het moderne elektrolytische vergulden is vaak voor- en achterzijde verguld omdat hierbij het geheel wordt ondergedompeld in een verguldbad. Sinds de opkomst van elektrolytisch vergulden in de negentiende eeuw wordt vuurvergulden vrijwel nooit meer toegepast, te meer daar het vergulden met kwik zeer schadelijk is voor de gezondheid.

Bruneren

Bruneren vindt plaats als laatste afwerking van een gouden of zilveren voorwerp om het oppervlak op glans te brengen. Met grote kracht wordt een bruneerstaal over het oppervlak gewreven waarbij zeepsop of speeksel als smeermiddel dient. Hierdoor worden alle kleine krasjes geplet en gladgestreken waardoor een glad glanzend oppervlak ontstaat. Het uiteinde van het bruneerstaal is een hoogglans gepolijste agaat, bloedsteen of ook wel zwijnen- of berentand. Bruneren is tegenwoordig vrijwel geheel verdrongen door mechanisch polijsten op een elektrisch aangedreven polijstmachine.

Aantasting van metalen voorwerpen

In tegenstelling tot het solide voorkomen zijn metalen voorwerpen gevoelig voor omgevingsinvloeden (zoals gassen in de lucht, stof, vuil) en deuken, scheuren en breuken door uitoefening van uitwendige mechanische krachten.

Behalve goud zijn de meeste metalen en legeringen niet erg stabiel en reageren ze in contact met de omgeving tot meer stabiele producten. Het ruwe materiaal voor metalen is erts. Ertsen zijn stabiele metaalverbindingen waaruit metalen worden gewonnen in een proces dat eigenlijk het omgekeerde is van corroderen. De natuur streeft dus voor de meeste metalen en legeringen naar een stabiele toestand voor metalen, de ertsvorm of wel corrosie. Door de aanwezigheid van water, stof, vuil, vingerafdrukken en gassen in de lucht komt dit corrosieproces op gang.

Zo zijn zwavelhoudende gassen meestal verantwoordelijk voor het aanslaan van zilveren voorwerpen. Zwavelhoudende gassen zijn afkomstig van onder andere industrie, degradatie van rubber, menselijke uitstoot en degradatie van wol. Bij het aanslaan van zilver ontstaat zilver sulfide en kleurt het oppervlak eerst strogeel en uiteindelijk zwart. Naarmate de luchtvochtigheid hoger is en/of er meer zwavelhoudende gassen in de lucht aanwezig zijn, gaat het aanlopen sneller. Luchtverontreinigingen zoals stikstofgassen en chloriden versnellen het aanlopen.

De meeste aantasting van tin en lood wordt veroorzaakt door uitwendige mechanische krachten. Omdat het materiaal zo zacht is deukt het gemakkelijk en ontstaan er snel krassen in het oppervlak. De chemische aantasting van tin en lood ontstaat door organische zuren in de lucht, veelal afkomstig uit hout (met name eikenhout), MDF, bepaalde lijmen, verven en schoonmaakmiddelen. Er zijn gevallen bekend waarin tinnen objecten binnen enkele weken werden bedekt met een laag poederige witte corrosie (tin en/of loodcarbonaten) doordat deze objecten in gesloten kasten of vitrines stonden waarin een relatief hoge concentratie van zuren aanwezig was door onjuist gebruik van constructie- en verfmaterialen.

De “beruchte” tinpest zou ontstaan door het bewaren van tinnen voorwerpen bij een temperatuur lager dan 14° C. Theoretisch gezien kan bij een lage temperatuur de kristalstructuur van tin veranderen, deze andere kristalstructuur is niet sterk waardoor het als poeder uit elkaar valt. In de praktijk echter is een bewijs voor dergelijke aantasting nooit geleverd. De objecten gevonden op Nova Zembla bijvoorbeeld, tinnen voorwerpen – in 1597 achtergelaten en in 1871 gevonden door een kapitein uit Noorwegen – hebben ruim 250 jaar blootgestaan aan lage temperaturen zonder dat nadien een spoor van tinpest is aangetroffen. Zogenaamde sporen van tinpest op objecten zijn dan ook vrijwel zeker te wijten aan chemische aantasting. Men hoeft dus niet bang te zijn dat tinnen voorwerpen op een koude zolder of in de schuur schade oplopen door deze koude (de stof en mogelijke condensvorming in dergelijke ruimten zijn wel een bron voor schade natuurlijk).

Een ander bekende ‘metaalziekte’ is bronspest. Deze aantasting, die kan worden aangetroffen op koperlegeringen, ontstaat door de aanwezigheid van chloriden in de corrosielaag. Al bij een luchtvochtigheid van 35% kan nantokiet reageren met zuurstof en water tot poederig lichtgroen paratacamiet en donkergroen atacamiet, waarbij zoutzuur wordt gevormd als nevenproduct. Dit zuur kan opnieuw het metaal aantasten waardoor een vicieuze cirkel van aantasting ontstaat. Bronspest is herkenbare aan relatief snelle aantasting waarbij poedervormige corrosie wordt gevormd.

De schadelijkheid van corrosie voor metalen hangt van veel factoren af. Zo oxideert aluminium direct wanneer het wordt blootgesteld aan de lucht. Hierdoor ontstaat een zeer dunne, onzichtbare oxide of corrosielaag, die verdere aantasting van het metaal blokkeert.

Het zwart worden van zilver wordt gezien als aantasting, terwijl de vorming van een donkere oxidelaag op tin en lood vaak wordt gewaardeerd. Ook de groene en blauwe corrosie op bronzen beelden wordt vaak zeer gewaardeerd. Dit zogenaamde patina is een aantasting van het metaal die dus voor lief wordt genomen. Pas wanneer sprake is van bronspest wordt ingegrepen.

Het oxideren van ijzer (roesten) wordt daarentegen veel minder gewaardeerd. Een uitzondering hierop is de toepassing van CorTenstaal – regelmatig gebruikt door hedendaagse kunstenaars. Deze staallegering is dusdanig van samenstelling dat het materiaal, eenmaal blootgesteld aan de buitenlucht, in korte tijd corrodeert waardoor een beschermende en door de kunstenaar gewenste roestlaag ontstaat.

Een stelregel is dat corrosie die in korte tijd ontstaat veel schadelijker is voor een voorwerp dan aantasting die er veel langer over doet. Deze progressieve corrosievormen zijn herkenbaar aan het feit dat ze snel gevormd worden en veelal poedervormig zijn. Bij koperlegeringen hebben we het dan over de al eerder genoemde bronspest, tin en loodlegeringen laten witte corrosie-uitbloei zien die door organische zuren wordt veroorzaakt. Bij ijzer openbaart actieve corrosie zich door fel oranje, puntgewijze corrosie waarop soms kleine druppels of blaasjes zichtbaar zijn.

Veel aantasting ontstaat door aanwezigheid van vuil op het metaaloppervlak. Stof en vuil zijn hygroscopisch (trekken water aan) en reageren met vochtigheid, meestal zuur en soms basisch (met name klei en cementstof). Stof en vuil kunnen ook mechanische schade veroorzaken (krassen).

Aantasting ontstaat ook door vingerafdrukken: de afdrukken zijn een bron van chloriden, organische zuren en vet.

Schade door het maakproces

Wanneer de zuren en chemicaliën die gebruikt worden in het fabricageproces niet goed worden weggespoeld, kunnen deze ook op den duur aantasting veroorzaken. Denk hierbij aan bijvoorbeeld zacht soldeervloeimiddelen die ammonia bevatten. Koperlegeringen, met name messing, worden sterk aangetast door ammonia. Wanneer interne spanningen in een voorwerp aanwezig zijn kan de aanwezigheid van ammonia zelfs resulteren in de vorming van scheuren (spanningsscheurcorrosie).

Schade door eerdere behandelingen

Op zilveren voorwerpen die zijn gerepareerd door een 'handige oom' of ondeskundige zilversmid wil nog wel eens tinsoldeer voorkomen omdat hiermee makkelijk bij lage temperatuur gesoldeerd kan worden. Tinsoldeer kan echter gaten in het zilver veroorzaken. Tin en lood vermengen zich namelijk gemakkelijk met zilver. Omdat tin en lood een veel lager smeltpunt hebben dan zilver, kan bij verhitting ook het met het soldeer vermengde zilver smelten.

Zilver en koperlegeringen worden vaak gepoetst. Door de slijpende werking van veel poetsmiddelen ontstaan kleine krasjes in het oppervlak. Ook wordt bij elke poetsbeurt een minuscule hoeveelheid metaal weggennomen. Hierdoor slijt het oppervlak waarbij graveringen slecht leesbaar worden en versiering afvlakken.

Vaak worden poetsmiddelresten niet goed verwijderd, waardoor zuren of ammonia achterblijven. Dompelbaden voor zilver bevatten zuren die slechts met moeite worden weggespoeld na behandeling. Zuurresten veroorzaken vaak corrosie rondom kleine defecten in het oppervlak en holle gedeelten waarin het zuur is achtergebleven.

Zilver en koperlegeringen werden en worden soms gelakt om aanslaan en oxidatie te voorkomen, zodat er minder vaak gepoetst hoeft te worden. Sommige lakken vergelen op den duur, met name bij lakken op basis van nitrocellulose treedt dit effect soms al na enkele jaren op, waardoor er een nicotinekleur ontstaat die met name op zilveren voorwerpen erg goed zichtbaar is. Daarnaast kunnen ondeskundig aangebrachte lakken zorgen voor irisering van het oppervlak en/of het oppervlak een plastic uiterlijk geven. Als de lak niet overal goed dekt, of er beschadigingen in de laklaag zijn ontstaan, kan preferentiële aantasting van de blootliggende delen optreden. Hierbij worden deze delen sterker aangetast dan wanneer het geheel niet gelakt zou zijn. Ingeëtste plekken zijn soms het gevolg.

Preventieve conservering

Hanteren

Bij het hanteren van metalen objecten dient men zich ervan bewust te zijn dat vingerafdrukken vrijwel zeker op korte of lange termijn zichtbaar zullen worden en schade zullen veroorzaken aan het object.

Om deze reden worden in musea metalen objecten alleen gehanteerd met katoenen of kunststof (bijvoorbeeld nitrileen) handschoenen.

Voor de particulier die zijn voorwerpen nog gebruikt, is een dergelijke wijze van hanteren natuurlijk niet erg praktisch. Voorwerpen die voornamelijk voor de sier dienen, kunnen wel zo veel mogelijk opgepakt worden met een schone katoenen (stof)doek. Eventuele vingerafdrukken kan men het best zo snel mogelijk verwijderen door opwrijven met een schone katoenen doek.

Verwijderen van stof en vuil

Metalen objecten dienen altijd vrij gemaakt te worden van stof en vuil om onnodige aantasting te voorkomen. Ook vingerafdrukken moeten zo snel mogelijk verwijderd te worden. Losliggend stof en vuil wordt verwijderd met een zachte doek of kwast. Vastzittend stof wordt op gelijke wijze verwijderd of met behulp van een oplossing van 1% zeep in water. Na reiniging met deze oplossing wordt het oppervlak gespoeld met gedemineraliseerd of gedestilleerd water en vervolgens goed gedroogd met zachte doeken. Om het object beter en sneller te drogen kan met het object na spoelen met water onderdopen of spoelen met ethanol, of men kan gebruik maken van perslucht om het object droog te blazen.

Ijzeren voorwerpen die roesten kunnen niet met water worden gereinigd en worden schoongemaakt met oplosmiddelen.

Voor het verwijderen van kaarvet resten kan gebruik worden gemaakt van heet water en/of wasbenzine of terpentijn.

Presentatie

Veel aantasting van metalen wordt veroorzaakt door schadelijke gassen in de lucht. Door te voorkomen dat deze gassen het oppervlak van metaal bereiken, wordt de aantasting van het metaal tegengegaan. In musea tracht men dit te bewerkstelligen door luchtzuiveringsinstallaties en gesloten vitrines. Steeds meer wordt zilver in depots bewaard in speciale dichtgesealde kunststof zakken, waardoor gassen het zilver nog maar nauwelijks kunnen bereiken. Het spreekt vanzelf dat men in musea het gebruik van materiaal dat schadelijke gassen kan uitstoten (bepaalde verven, eikenhout, MDF, etc.) probeert uit te bannen. Thuis kan men metalen voorwerpen het beste niet bewaren in gesloten houten kasten of lades. Zilver dat alleen met de feestdagen wordt gebruikt, kan goed bewaard worden in polyesterzakken of in polyester keukenfolie worden gewikkeld.

Een andere methode om contact van schadelijke gassen met het metaal tegen te gaan, is het bedekken van het oppervlak met een afwerklaag. Een laag microkristallijne was geeft een redelijke bescherming, deze waslaag dient jaarlijks verversd te worden. Het nadeel van een waslaag is dat deze makkelijk van het object wordt gewreven bij hanteren e.d. Er wordt gebruik gemaakt van microkristallijne was omdat deze chemisch zuiver is en geen schadelijke nevenproducten bevat of produceert bij degradatie. Daarnaast heeft deze was een hoog smeltpunt waardoor de was harder is dan bijenwas e.d. zodat stof minder makkelijk blijft kleven.

Het lakken van voorwerpen, met name van zilver en koperlegeringen, om oxidatie en aanslaan tegen te gaan, vindt in musea soms nog plaats wanneer men objecten niet in een vitrine wil of kan opstellen. Door de objecten te lakken wordt slijtage door regelmatig poetsen vermeden. Dergelijke objecten dienen regelmatig gecontroleerd te worden om te kijken of de laklaag nog in goede conditie is. Het lakken van koper en zilver wordt voor particulieren niet aangeraden en dient men in ieder geval over te laten aan een vakman.

Behandelingen

Reinigen van metalen oppervlakken

Onder reiniging verstaan we het verwijderen van ongewenste corrosie, zoals het verwijderen van zwarte aanslag op zilver en van roest op ijzer. De reiniging van metalen is onder te verdelen in vier groepen: mechanische, chemische, elektrolytische en overige reinigingsmethoden.

Een milde *mechanische reinigingsmethode* is het poetsen van zilver met krijt. Commerciële poetsmiddelen voor zilver bevatten vaak grovere mechanische bestanddelen, zuren of ammonia, parfum en was. Restanten van dergelijke poetsmiddelen kunnen schade veroorzaken. De schurende bestanddelen zijn vaak grover dan noodzakelijk, waardoor het poetsen snel gaat maar ook meer krassen op levert en slijtage versterkt. Wanneer het opwrijven met een zilverpoetsdoek niet voldoende aanslag verwijderd, wordt een papje gemaakt van gedemineraliseerd water en krijt. Met behulp van wattenschijfjes en -stokjes wordt het oppervlak gepoetst, waarna krijtresten verwijderd worden in een ultrasoonbad of met behulp van zachte borstels en een zeepoplossing. Hierna wordt het voorwerp goed gedroogd en opgewreven met een zilverpoetsdoek.

Ook bij koperlegeringen kan deze methode worden toegepast; gebruik wanneer dit niet helpt voor koper geen koperpoets maar een fijne zilverpoets, zonder ammonia (ruiken!): ammonia resten tasten het koper namelijk aan. Koperpoetsmiddelen bevatten over het algemeen scherpe harde poetsbestanddelen die fijne krassen veroorzaken.

Roest op ijzer wordt vaak, onder de microscoop, verwijderd met scalpels. Voor sommige corrosievormen op koperlegeringen is deze methode ook heel geschikt. Ook wordt voor roestverwijdering fijne staalwol 0000 gebruikt met terpentijn als smeermiddel; gebruik alleen staalwol 0000 en geen grovere staalwol.

Andere mechanische reinigingsmethoden zijn onder andere het gebruik van messing- of glasvezelborstels, zandstralen met bijvoorbeeld notenschil, kunststofkorrels of glasparels.

Het grote voordeel van mechanische reinigingsmethoden is dat deze plaatselijk werken en zeer controleerbaar zijn: men kan op elk gewenst moment stoppen. Zo wordt bij het poetsen van zilver de zwarte aanslag in de lager gelegen delen niet verwijderd waardoor graveringen en versieringen hun diepte houden en het object er levendig blijft uit zien. Het nadeel van mechanische reinigingsmethoden is dat ze arbeidsintensief zijn.

Bij *chemische reiniging* wordt gebruik gemaakt van zuren, logen en/of complexvormers om corrosie te verwijderen. Corrosie die niet wateroplosbaar is, wordt omgezet in andere corrosievormen die wel oplosbaar zijn. Deze methodes dienen alleen door een deskundige te worden uitgevoerd omdat onjuiste toepassing kan leiden tot ernstige schade aan objecten.

Chemische reinigingsmethoden werken vaak relatief snel. Het nadeel is dat het gehele oppervlak 'gestript' wordt. Het is vaak niet mogelijk de reiniging te sturen; een lichte of een gedeeltelijke reiniging is dan niet mogelijk. Hierdoor kunnen chemisch gereinigde objecten hun authentieke uiterlijk verliezen en omdat ook de dieper gelegen delen worden gereinigd, verliest het object aan diepte.

Bij *elektrolytische reiniging* wordt het object in een elektriciteit geleidend bad geplaatst en als kathode aangesloten op een gelijkrichter. Door een elektrische stroom te sturen door het geheel wordt de corrosie gereduceerd / oplosbaar gemaakt.

Een oude 'huisvrouwenmethode' voor het reinigen van zilver berust op hetzelfde principe: zilver wordt in aluminiumfolie gewikkeld en 5 tot 10 minuten ondergedompeld in een warme soda-oplossing. Het

aluminium lost op (corrodeert) waarbij de vrijkomende elektroden de zilveraanslag reduceren. Deze methode is allen geschikt voor zilveren voorwerpen. Bij verzilverde voorwerpen kan het onderliggende materiaal (bijvoorbeeld messing of koper) oplossen, waardoor een flinke aantasting optreedt.

De dure zilverreiningsplaten die op TV voor veel geld verkocht worden, zijn niet meer dan een plaatje aluminium: huis-tuin-en-keuken aluminiumfolie werkt minstens zo goed.

Het nadeel van elektrolytisch reinigen is gelijk aan dat van chemisch reinigen: het hele oppervlak wordt gestript. Het proces is moeilijk te sturen en het vereist veel ervaring en kennis om bij een geven problematiek de juiste badsamenstelling en instelling van de gelijkrichter te kunnen bepalen.

Onder de *overige reinigingsmethoden* vallen onder meer het reinigen van metaaloppervlakken met laser en het reinigen met een elektronenplasma. Plasmareiniging lijkt op elektrolytische reiniging, er wordt nu alleen in een elektronenplasma gewerkt in plaats van in een vloeistof. Voor het creëren van een dergelijk plasma is een hoge vacuüm en redelijk hoge temperatuur noodzakelijk.

Momenteel wordt ook onderzocht hoe laserreiniging zijn diensten kan bewijzen aan de metaalrestaurator.