

De galvanoplastiek in de tandheelkunde

door H. H. Ruskamp, tandarts, assistent R.U.

I. Overzicht van de principes en methoden tot het vervaardigen van tandheelkundige kopermodellen langs electrolytische weg

Reeds in 1800 ontdekte men dat met behulp van elektrische stroom water ontleed kan worden. Na dit verschijnsel (electrolyse genoemd) volgde spoedig de ontdekking, dat bij een oplossing van CuSO_4 , aan de ene pool Cu en aan de andere H_2SO_4 en O_2 ontstond, wanneer een gelijkstroomketen werd gesloten. Bij gebruik van het Daniell element was reeds meermalen in de 1e helft van de 19e eeuw opgemerkt, dat zich op de koperplaat van het element koper afzet en dat dit metaal dan alle verheffingen en inzinkingen van de plaat b.v. vijlstreken (uiteraard negatief) weergeeft. J a c o b i vestigde er in 1837 de aandacht op, dat men daardoor afdrukken van voorwerpen kan vervaardigen. In 1841 werden met dit principe kopergravures vermenigvuldigd en de eigenlijke galvanoplastiek geboren.

Deze galvanoplastiek staat tegenover de galvanostegie, een methode waarbij met behulp van electrolyse een dun laagje goud, zilver enz. een ander metaal blijvend bedekt wordt. Dit laatste proces vindt in de industrie ruime toepassing, waarbij men zich meestal van de namen vergulden, verzilveren, verzinken (galvaniseren), verchromen enz. bedient.

In de tandheelkunde werd de galvanoplastiek terloops genoemd, terwijl in 1889 aan J. E. W a r d patent werd verleend voor het vervaardigen van prothese-bases langs electrolytische weg.

Het eerste tandheelkundige artikel stamt, voor zover mij bekend, van G. A. C o m t e in 1901, die prothesemodellen volgens dit proces maakte. Nieuw is de galvanoplastiek als geheel en ook in de tandheelkunde dus niet, waarop men zich kan afvragen waarom dit proces nog lang niet algemeen in de tandheelkunde is ingevoerd. De reden hiervan moet worden gezocht in het feit dat, naast vele mislukkingen, vaak niet uniforme en bevredigende resultaten werden verkregen.

Toch kunnen deze mislukkingen bijna zonder uitzondering worden toegeschreven aan een tekort aan inzicht en kennis van tandarts of technicus, wat betreft sommige fundamentele principes, die bij de galvanotechniek van invloed zijn.

Van de vele metalen die zich voor galvanoplastiek lenen, wordt koper in de tandheelkunde gebruikt. Het verenigt alle goede eigenschappen, benodigd voor ons doel, in zich, terwijl het goedkoop is en

men met een enkelvoudig zout (CuSO_4) in het bad kan volstaan.

Een koperen neerslag biedt een maximum aan sterkte, hardheid, gladheid en glans. Het neergeslagen metaal moet kristallijn van structuur zijn, waarbij in het algemeen geldt: hoe fijner de afgezette kristallen, des te harder, gladder, sterker en glanzender zal het electrolytisch gevormde metaal zijn. Amorphe afzettingen (donkerbruin) zijn onbruikbaar.

De fysische eigenschappen zijn geheel onder onze contrôle en in geval van koper tenminste afhankelijk van samenstelling, temperatuur en concentratie van de vloeistof, van de stroomsterkte en spanning der gelijkstroom, alsook van de afstand tussen anode en kathode. Vergelijken we de mechanische eigenschappen van kopermodellen met die van inbedmassa, hard gips, speciale cementen of amalgamen, dan vallen deze geheel en al ten gunste van de eerstgenoemde uit.

Afgezien van zilveramalgaam overtreft koper alle modellen in absolute hardheid, terwijl het in randsterkte en rek ook zilveramalgaam ver achter zich laat liggen.

Tot in de kleinste details zijn kopermodellen absoluut betrouwbaar en niet onderhevig aan veranderingen als krimp en uitzetting, factoren die bij cementen en amalgamen steeds een belangrijke rol spelen. Het nieuwe Amerikaanse cement Duroc maakt hierop misschien een gunstige uitzondering, maar de hardheid hiervan is toch nauwelijks groot genoeg om b.v. een inlay geheel en al op het laboratorium af te werken en te polijsten. R o b. B r o w n vermeldt dat het U.S. Bureau of Standards constateerde, dat kunstharsvervangingen, geperst op verkoperde stampen, gemaakt van een stalen stomp, op deze pasten, maar niet op een stomp van amalgaam, hard gips of cement.

Amalgamen hebben nog het nadeel dat ze met enige kracht gecondenseerd moeten worden, waarbij men het risico loopt de afdruk te vervormen of te beschadigen, terwijl elastische afdrukmassa's niet uitgestopt kunnen worden.

Wat de tijdsduur betreft, alvorens de stomp gebruikt kan worden, staan gips en cementen bovenaan met ± 2 uur. Voor zilveramalgaam is 4—6 uur vereist, voor koperamalgaam 12—18 uur, terwijl een electrolytisch verkoperde stomp normaal 8—14 uur vergt, alhoewel er auteurs zijn die kortere tijden (o.a. F r a n k e l 2 uur) opgeven.

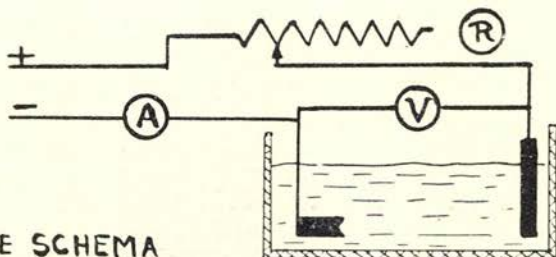
Bij dit laatste is, afgezien van andere werkwijzen, een verschil van inzicht in de benodigde dikte van het koperneerslag van belang. Alle soorten thermoplastische afdrukmassa (ook elastische zoals Dietrich en Trulastic), inlaywas en gipsafdrukken kunnen verkoperd worden, waarbij een koperband niet strikt vereist is. Hydrocolloidale afdrukmassa's, zowel reversibel als irreversibel, konden aanvankelijk niet worden verkoperd daar de zure badvloeistof ($\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$) de afdrukmassa's aantastte. De Amerikaan O w e n D w i g h t beweert thans een speciaal electrolyt te hebben samengesteld dat wel bevredigende resultaten geeft, een formule vermeldt hij echter niet. De tandheelkundige literatuur is zeer schaars aangaande dit onderwerp en algemene toepassing vindt de methode op het huidige moment zeker

niet. Ook van hygiënisch en economisch standpunt biedt de verkoperingsmethode grote voordelen. Kwikvergiftigingsverschijnselen bij laboratoriumwerkers, die zeer geregeld vele afdrucken uitstoppen met amalgaam, worden vermeden. Ten opzichte van amalgaam en speciale cementen is de kostprijs per model zeer gering. (Voor amalgaam $\pm 1 : 20$). Ook de aanschaffingsprijs van het verkoperingsapparaat is klein te noemen, in verhouding tot de kosten van ieder model, terwijl het stroomverbruik miniem is.

Voor de galvanoplastiek is een gelijkstroom vereist, welke door een accu, een droog element of door net-wisselstroom met behulp van een transformator en gelijkrichter wordt geleverd.

Het voltage moet 0,3—5 V en het amperage van enkele m.A. tot 2 A. bedragen. Een regelbare weerstand tot 100 Ω die spanning en stroomsterkte kan regelen, alsmede een m.A. meter en een voltmeter zijn bij nauwkeurig werken onontbeerlijk.

Er zijn vele apparaten (o.a. Hanau, Dentatus) in de handel die redelijke resultaten geven, maar in velerlei opzicht, zoals hieronder zal blijken schieten deze te kort.



PRINCIPE SCHEMA

Alvorens op enkele punten iets nader in te gaan zij hier eerst in het kort een algemeen beeld gegeven van de gang van zaken bij het verkoperen van afdrucken.

In een bak waarin zich het electrolyt bevindt, dat hoofdzakelijk uit CuSO_4 , H_2SO_4 en aqua dest. bestaat, zijn de anode (+) en kathode (—) aangebracht. De anode is een koperen plaat, welke uit zo zuiver mogelijk koper, liefst electrolytisch koper moet bestaan. De plaat moet vetvrij en schoon zijn. Aan de kathode moet de kathodehouder worden geplaatst, waarop de te verkoperen afdruk is bevestigd.

Het CuSO_4 is gesplitst in haar ionen $\text{CuSO}_4 \rightleftharpoons \text{Cu}^{++} + \text{SO}_4^{--}$. Wordt nu de stroom gesloten dan begeven de positief geladen Cu-ionen zich naar de negatieve pool (kathode), geven daar hun lading af, en het koper slaat neer. Hierbij verkeren we in de gelukkige omstandigheid dat de neergeslagen koperdeeltjes op hun plaats blijven. Bij verzilveren, vergulden e.d. gaat dit niet zo eenvoudig en moet men hulpmiddelen te baat nemen om dit te bereiken. Hierbij moeten de voorwerpen b.v. absoluut vet- en oxydevrij zijn en is men verplicht met een complex zout als b.v. kalium-zilvercyanide ($\text{KAg}(\text{CN})_2$) te werken.

De negatieve SO_4 -ionen begeven zich naar de positieve pool, ver-

liezen daar hun lading en verbinden zich met het koper van de anode tot nieuw kopersulfaat. Het gehalte aan CuSO_4 blijft in het bad zodoende dus steeds constant.

Op de ampèremeter (galvanometer) en voltmeter kunnen we de stroomsterkte en de spanning aflezen en deze beide zo nodig wijzigen met behulp van de regelbare weerstand. Immers voor een galvanisch bad geldt de wet van Ohm van de geslotenketen. Dus $I = \frac{E}{R}$ of wel:

$$\text{stroomsterkte} = \frac{\text{klemmenspanning}}{\text{totale weerstand}}$$

Aan de kathode mogen zich in geen geval waterstofbellen ontwikkelen daar dit een ontleding van het water zou betekenen, als gevolg van een veel te grote stroomsterkte.

Beschouwen we thans verschillende punten nader dan keren we eerst tot de koperen anode terug. Zoals gezegd dient deze zo zuiver mogelijk te zijn en liefst van electrolytisch koper. Is de anode onzuiver dan komen deze onzuiverheden vrij bij het in oplossing gaan van het koper en verontreinigen daardoor het bad, terwijl ook de verkoperings-tijd hierdoor wordt beïnvloed. Verontreinigingen verhogen de weerstand van het bad en het is daarom goed de badvloeistof geregeld te filtreren en bij het niet in gebruik zijn, het bad met een glasplaat af te sluiten. Tevens voorkomt men dan onnodige verdamping.

Theoretisch is het voldoende dat het oppervlak van de anode (de koperen plaat) welke in het bad hangt, gelijk is aan het oppervlak van de geleidbaar gemaakte afdruk. We nemen echter dit oppervlak veel groter, hetgeen niet de minste nadelige invloed heeft. Wordt het bad niet gebruikt dan dient men echter de koperen plaat uit het bad te nemen (i.v.m. aantasting door het zwavelzuur, hetgeen ook de badconcentratie weer zou wijzigen).

De samenstelling van het bad is van groot belang voor goede resultaten. Om een goede afzetting te verkrijgen, moeten zich niet te veel metaal-ionen in de oplossing bevinden, m.a.w. de oplossing moet goed verdund zijn. Is dit niet het geval, dan worden de ionen bij het doorgaan van de stroom niet voldoende snel aangevuld en een amorph donkerbruin neerslag zonder enige kristallijne structuur is het resultaat. Wanneer de vloeistof weinig metaal-ionen bevat, maar wel veel opgelost metaalzout dan kunnen deze ionen sneller worden aangevuld. Hoe zuurder de oplossing hoe beter de geleiding, terwijl ook de neergeslagen kristallen fijner zijn en het neerslag dus harder. Leidingwater mag niet worden gebruikt om schadelijke bijwerkingen van hierin opgeloste zouten (Ca!) te voorkomen. Men neme als oplosmiddel dus steeds gedestilleerd water.

Naast de gewone bestanddelen (CuSO_4 , H_2SO_4 en aqua dest.) van het bad, treft men hier en daar in de literatuur een opgave aan van stoffen die aan het bad worden toegevoegd. Colloïden als lijm, gelatine en albumine, toegevoegd in zeer kleine hoeveelheden, hebben een zeer gunstige invloed op een goed neerslag. Hun aanwezigheid

verhindert de normale groei van de kristallen, terwijl zij de hoeken van de individuele kristallen convex maken, hetgeen resulteert in een veel fijner neerslag. Ook het polarisatie-effect wordt er door verhoogd, waarop nog nader wordt teruggekomen.

Verontreinigingen met andere opgeloste metalen, koolstof enz. bevorderen juist grote kristallen, daar zij een soort huidje vormen. Het is daarom gewenst de vloeistof geregeld te filtreren. In geregeld gefiltreerde oplossingen is de werking van colloïden dan ook niet zo merkant. Een geringe hoeveelheid phenolzwavelzuur schijnt een dergelijk effect te hebben (Rosenstiel), terwijl Sears 9% aerosol, dat een oppervlaktespanning verminderende vloeistof is, in de badvloeistof aanbeveelt.

De temperatuur van het bad is een niet te verwaarlozen factor. Kamertemperatuur van 70° F. (21° C.) is het beste. Deze is ook voor het merendeel der afdruckmaterialen het meest gewenst. Hogere temperaturen geven niet alleen vervormingen van het afdruckmateriaal, maar een te snelle afzetting, met grote kristallen, een grover oppervlak en dus ook een zachter metaal.

Het U.S. Bureau of Standards deelt hieromtrent mede dat de sterkte van het neerslag bij een stijging van nog geen 40° F. boven kamertemperatuur $\frac{1}{20}$ bedraagt van die bij kamertemperatuur (Frankel).

Lagere temperaturen geven fijnere kristallen, terwijl de geleiding groter wordt, het polarisatie-effect neemt echter af.

Lagere stroomsterkten, die het meest wenselijk zijn, beïnvloeden de temperatuur van het bad, ook bij lang gebruik en met veel afdrucken tegelijk, nagenoeg niet.

De hoeveelheid badvloeistof in de bak moet minstens 3 liter bedragen. Bij kleinere hoeveelheden wordt de bak te klein, waardoor anode en kathode te dicht bij elkaar staan en het verschil in stroomsterkte van de verschillende punten van het kathode-oppervlak relatief te groot wordt.

Tengevolge van verdamping moet geregeld aqua dest. worden toegevoegd, reden waarom het voorkeur verdient een witte streep op de bak aan te brengen welke het vereiste vloeistofniveau aangeeft. Bij een grotere hoeveelheid badvloeistof spelen de enkele druppels electrolyt, die steeds bij het uitnemen van de afdruck uit het bad hieraan blijven hangen, geen rol, terwijl bij een kleine hoeveelheid badvloeistof dit verlies ten onrechte als verdamping aangemerkt zou kunnen worden.

Men lette er op, dat zich geen onopgeloste (uitgekristalliseerde) koper-sulfaat kristallen op de bodem van het bad bevinden, daar deze de weerstand van het bad doen toenemen.

Als goede bruikbare electrolyten mogen de volgende samenstellingen worden aanbevolen:

CuSO ₄	200 gr.
H ₂ SO ₄ (96%)	50 gr. (28 cc.)
aqua dest.	1000 cc.
phenol/zwavelzuur	2 cc. (Rosenstiel)

CuSO ₄	112 gr. (4 oz)
H ₂ SO ₄ (94%)	70 cc.
aqua dest.	630 cc.
aerosol	1% (Sears)

CuSO ₄	200 gr.	Bij gebruik geregeld filtreren. Bij 4½ l. elec-
H ₂ SO ₄ (94%)	50 gr.	trolyt 1 druppel lijm en een paar cc. H ₂ SO ₄
aqua dest.	1000 cc.	en 5 à 10 deciliter aqua dest. per maand
lijm	2 cc.	toevoegen. (Frankel).

Wat de badvloeistof betreft moeten we nog een ogenblik stilstaan bij de veel toegepaste zg. „agitation”, d. i. roeren of schudden van de vloeistof. Dit kan gebeuren langs mechanische weg door b.v. een soort schroef op propeller, die door een electromotor wordt aangedreven, of met behulp van luchtballen, die in de vloeistof aan de oppervlakte ontwijken, zoals dit bij de zuurstofvoorziening van een aquarium gebruikelijk is.

Dit roeren heeft zowel vóór- als nadelen. Als voordeel kunnen we noemen dat de samenstelling van de vloeistof op verschillende punten in het bad practisch constant blijft. Vooral in de dieper gelegen delen van de afdruk wordt de verarming van de vloeistof aan Cu-ionen dan beter aangevuld. Dit is speciaal van belang bij kleine baden waar anode en kathode dus dicht bij elkaar staan. In een in beweging zijnd bad kunnen grotere stroomsterkten worden gebruikt dan in een stil bad, hetgeen de verkoperingstijd bekort. Bij galvaniseerinrichtingen wordt echter vrijwel nooit dit roeren toegepast, daar het de droesem van de bodem weer in suspensie brengt en neerslaat aan de kathode, wat niet bevorderlijk is voor een glad oppervlak. Daar het koperbad geregeld gefiltreerd wordt speelt deze overweging voor ons geen rol. Gebruik van lucht is het eenvoudigste, maar men moet er voor zorgdragen dat deze geheel olie- of vetvrij is.

Men leide de luchtstroom zo mogelijk in de richting van de diepst gelegen te verkoperen plaatsen, omdat zij daar het meest werkzaam is. Als nadeel moet nog genoemd worden de meer ingewikkelde (dus duurder) apparatuur, terwijl bij gebruik van lucht onzuiverheden kunnen worden aangevoerd, waardoor zich oxygeen vormt, hetwelk een oxyderende sfeer schept, die schadelijke reacties doet versnellen. Lucht-„agitation” in koperbaden, is gedeeltelijk verantwoordelijk voor het verbruik van zwavelzuur en daardoor stijging van het koper-sulfaatgehalte. Bij lucht-„agitation” moet men geregeld dus enkele druppels H₂SO₄ toevoegen. Polarisation wordt door te sterke lucht-„agitation” aan de kathode ongunstig beïnvloed. Van alle voor- en nadelen is het voordeel van de betere doorstroming van de badvloeistof toch een factor van zoveel betekenis, dat een matige „agitation” zeer zeker kan worden aanbevolen.

Alvorens de afdruk op de kathodehouder in het bad wordt geplaatst moet deze geleidend worden gemaakt. Dit onderdeel is met de stroomsterkte van het allergrootste belang voor een goed resultaat,

en de mislukkingen, reeds eerder genoemd, zijn bijna alle hieraan te wijten.

Om het afdrukkoppervlak geleidend te maken staan ons verschillende methoden ter beschikking. Met zeer fijn zuiver koperpoeder kan het afdrukkoppervlak worden bedekt. Dit koperpoeder hecht echter zonder nadere voorzorgen *niet* op de meeste afdrukmaterialen. Een zeer dunne oliefilm wordt dan ook als hechtmiddel aanbevolen. Dit inwrijven met koperpoeder moet zeer zorgvuldig geschieden, daar ieder koperdeeltje weer contact moet maken met vele andere koperdeeltjes. Het feit dat olie gebruikt wordt voor hechtmiddel, is een ongunstige factor daar dit isolerend werkt, een goed geleidend oppervlak in de weg staat en sneller aanleiding kan geven tot z.g. „spot”vorming, dat zijn plaatsen waar geen electrolytische koperafzetting plaats heeft. Het koper moet in een zeer dunne laag worden aangebracht daar anders de afdruk teveel aan detailscherpte zou verliezen. De afdruk moet goed worden uitgespoeld omdat geen losse koperdeeltjes mogen achterblijven, daar deze in het bad zouden gaan zweven.

Men heeft getracht de geleidbaarheid, van zo groot belang voor een gelijkmatige (overal even dikke) koperafzetting, met alle mogelijke middelen te vergroten. Enkele van de bekendste wil ik hier even nader bespreken.

Allereerst de methode waarbij ijzerpoeder wordt verstoven op de reeds met koperpoeder bedekte afdruk. Met een pipet worden dan enkele druppels electrolyt in de afdruk gedaan, waarna de ijzerdeeltjes in oplossing gaan en koperdeeltjes neerslaan, zodat de geleidbaarheid toeneemt en snellere verkopering na plaatsing in het bad kan geschieden.

Zilver, zoals bekend een der beste geleiders, is ook uitermate geschikt om het afdrukkoppervlak geleidend te maken. De koperpoederdeeltjes worden dan vervangen door zilver, dat langs chemische weg wordt neergeslagen. Hiertoe druppelt men enkele druppels van een oplossing van kaliumzilver-cyanide en potas in de met koperpoeder bewerkte afdruk, waarna onmiddellijk een zilverfilm neerslaat.

H u p k e s beveelt hiervoor zilverbromide, verzadigd in een zuur fixeerbath aan.

De „verzilvering” heeft het voordeel dat men snel een goed geleidend oppervlak verkrijgt en niet geleidbare plaatsen, z.g. „spots”, direct kan constateren en dus ook corrigeren. De zilverlaag wordt vast verbonden met het koper, dat daarna electrolytisch hierop wordt neergeslagen. Het moeilijk gelijkmatig en dun aanbrengen van de oliefilm en het koperbrons ondervangt het echter niet.

Een oliefilm is niet vereist, wanneer men de iets omslachtiger zilverspiegeltechniek toepast. Hierbij wordt de afdruk eerst met enkele druppels van een bepaalde vloeistof (meest stannochloride) gevoelig gemaakt (geëtst), die in de Angelsaksische literatuur „sensitizing solution” wordt genoemd. Een spoor van deze vloeistof is in de regel reeds voldoende. De afdruk wordt daarna uitgespoeld met aqua dest. en vervolgens gedompeld in een zilvernitraat-oplossing waarna men enkele

le druppels van een reductievloeistof toevoegt, bestaande uit een oplossing van pyrogallol en citroenzuur, waarbij men voorzichtig roert. Op de afdruk ziet men dan een zilverfilm verschijnen. Voor het in het bad plaatsen moet men de afdruk goed uitspoelen. I r v i n g meent dat bij deze methode sommige afdrukmaterialen worden aangetast, hetgeen door F r a n k e l ontkend wordt. In ieder geval moet men grote voorzichtigheid betrachten bij het gebruik van zilvernitraat voor vingers en kleren.

Een andere veel gebruikte methode is die, waarbij colloidaal grafiet in een dunne laag op de afdruk wordt aangebracht. Deze methode heeft b.v. algemeen ingang gevonden bij cliché- en stempelmakers.

Zij heeft het voordeel dat dit grafiet in een zeer dunne laag is aan te brengen. Deze laag is niet meer dan 1—3 micron dik, een dikte die te verwaarlozen is als men bedenkt dat het fijnste speciale inlay-cement deeltje toch altijd nog 10 micron is.

C o n o d gebruikt grafiet niet, daar dit volgens hem, na het verkopen van de stomp, er afgepolijst zou moeten worden, hetgeen niet goed regelmatig mogelijk is. Evenals bij zilver loopt men ook bij grafiet niet de kans dat het afgezette koper zich aan de afdrukband hecht, waardoor deze moeilijk te verwijderen is. Van meer betekenis is dat de geleidbaarheid van grafiet veel geringer is dan bij de besproken brons-ijzerpoeder methode en nog veel minder dan bij de zilverfilm of — spiegel.

Gebruikt men de koperband als geleider naar de kathode, dan zal langs deze rand de geleiding het grootst, de weerstand het kleinst en de stroomsterkte dus het grootst zijn, met als gevolg ook het meeste koperneerslag aan de rand (1e wet van F a r a d a y). Dit kan men zeer duidelijk zien als men een afdruk in het bad plaatst en de stroom gesloten is. Het koperneerslag breidt zich dan als een inktdruppel op een blad vloeipapier over de afdruk uit. Het plaatsen van een kathodendraad in de afdruk en wel op het diepste gedeelte hiervan, zoals o.a. C o n o d aangeeft, ondervangt deze moeilijkheid lang niet afdoende, terwijl men tevens de kans loopt de afdruk te beschadigen.

Zoals reeds eerder vermeld moeten kathode en anode niet te dicht bij elkaar staan. Deze afstand moet minstens 10 cm, liefst echter 20 à 25 cm. bedragen, daar anders het verschil in afstand van verschillende punten van het afdrukoppervlak t.o.v. de anode te groot wordt, en dientengevolge ook de stroomsterkte op deze verschillende punten te veel varieert. De thans in de handel zijnde apparaten bevredigen in dit opzicht dikwijls niet.

Bij elke electrolyse zal door de polarisatie der electroden een tegen-E.M.K. worden opgewekt. Deze polarisatie vindt zijn verklaring in het potentiaal-verschil dat tijdens de electrolyse ontstaat tussen het grafiet, zilver of koper, het verdunde zwavelzuur en de koperanode, die tezamen een element vormen.

In het algemeen is deze tegen-E.M.K. groter naarmate de stroomsterkte toeneemt, dus ook het grootst op die punten van het kathodeoppervlak die zich het dichtst bij de anode bevinden. Zij werkt dus mee, te grote verschillen in stroomsterkte op onderscheiden punten van het

kathode-oppervlak te compenseren. Omstandigheden, waardoor polarisatie toeneemt, zijn dus als gunstig te beschouwen.

Moelijkheden, die optreden bij het geleidbaar maken van het afdrukkoppervlak, heeft men trachten op te vangen door gebruik te maken van geleidbare afdrukwas, bestaande uit grafiet en paraffine. Thompson geeft hiervan een recept, doch Rosenstiel verwerpt dit, daar het volgens hem niet voldoet aan de eisen die men aan een goede afdrukmasa mag stellen. Zijns inziens is de samenstelling van Frankel, 60% grafiet en 40% paraffine (smeltpunt 52—54 gr. C) veel beter, maar de verwerking is te omslachtig en de voordelen zijn te gering om een algemeen gebruik te rechtvaardigen.

Een ander, niet minder belangrijk punt in de verkoperingstechniek is de te gebruiken stroomsterkte. Ook hierover lopen de meningen uiteen, maar aangeraden wordt, deze bij een stilstaand bad maximaal niet meer dan 15 à 20 m.A. per cm^2 te laten bedragen, alhoewel Conod aangeeft dat men tot 65 m.A. per cm^2 mag gaan. Een moelijkheid is dat het oppervlak van de afdruk niet gemakkelijk is te schatten. Daarom wordt veelal een gemiddelde aangegeven. Novak bepaalt deze stroomsterkte empirisch door het maatnummer van de band te verdubbelen. Bij een afdruk in een no. 7 of 8 : 15 m.A. Een molaarband no. 15 : 30 m.A. enz.

Is een eerste laagje koper afgezet dan kan de stroom worden verhoogd, waarbij een goede norm is deze te verdubbelen.

Laat men de afdrukken toch een nacht overstaan, dan kan men met minder ampèrage volstaan zonder dit later te verhogen, waarbij men ieder risico van een ondeugdelijk neerslag vermijdt.

Een handige, en in de praktijk zeer goede methode is het indirect meten van het afdrukkoppervlak met behulp van de voltmeter. Volgens de Wet van Ohm is $E = iR$. Houdt men E nu constant op b.v. 0.5. V., dan blijft het product iR ook constant. Wordt R nu kleiner, doordat het oppervlak groter is (grote afdruk of meer afdrukken tegelijk), dan wordt i dus vanzelf zoveel groter als men E constant houdt.

Bij deze methode kan men dus de stroomsterkte veel beter regelen dan bij de gewone gangbare apparaten het geval is, waar slechts voor iedere afdruk een gemiddelde kan worden genomen.

(wordt vervolgd)