

Zachtsolderen

Ir. G. J. Deelman

Enkele aanvullende beschouwingen

Daar gebleken is uit reacties op de forumdiscussies tijdens de Fijnmechanische Dag gehouden te Amsterdam op 14 december 1967, dat in ruime kring het onderwerp zachtsolderen belangstelling heeft, wordt in een aantal artikelen nog nader ingegaan op dit onderwerp.

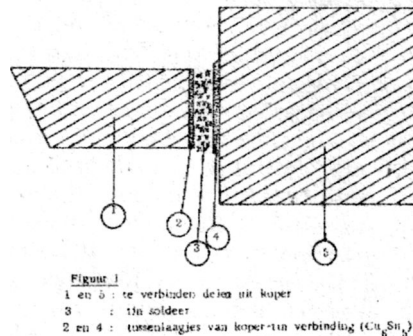
Inleiding

Hoewel in het voorgaande nummer van MIKRONIEK enkele auteurs aandacht hebben besteed aan verschillende aspecten van zacht- en hardsolderen, is het wellicht nuttig dit onderwerp hier en daar nog eens wat uitvoeriger toe te lichten.

Een goed onderscheid tussen verbindingen door middel van solderen en bijvoorbeeld lassen is mogelijk aan de hand van de definitie van solderen zoals deze in het Duitse normblad DIN 8505 is vastgelegd:

„Onder solderen verstaat men het onderling verbinden van metalen delen met behulp van een gesmolten metaal (soldeerlegering) dat een smelttemperatuur heeft die op zich lager ligt dan die van te verbinden metalen. Deze laatste worden wel met de soldeerlegering bevochtigd doch smelten zelf bij deze bewerking niet.”

Hierbij is geen grens tussen zacht- en hardsolderen genoemd maar deze grens wordt in de praktijk gekoppeld aan de smelttemperatuur van de solderingen. Men spreekt dan bij smelttemperatuur beneden



Figuur 1
1 en 3 : te verbinden delen uit koper
2 : tin soldeer
2 en 4 : tussenslaagjes van koper-tin verbinding (Cu_3Sn_2)

450° C van zachtsolderen, daarboven over hardsolderen. Zachtsolderen op zich is van hoge ouderdom; van circa 3200 jaar v. Chr. dateren vondsten uit Sumerische koningsgraven, sieraden met soldeerverbindingen.

De opbouw van de soldeerverbinding

Kenmerkend voor een goede las tussen twee metaaldelen is dat bij elke overgang van metaal op soldeer een dunne laag bestaande uit een legering van basismetaal en soldeerlegering (zie figuur 1) optreedt.

De tussenslaag vormt een mechanisch hechte verbinding met het basismateriaal enerzijds en met de soldeerlaag anderzijds. Het is dus duidelijk dat het voor een goede las zeer belangrijk is dat de tussenslaag over het gehele oppervlak van de lasplaats aanwezig is, eventueel op het basismateriaal aanwezige verontreinigingen, oxyde- of sulfidelagen, moeten grondig worden verwijderd.

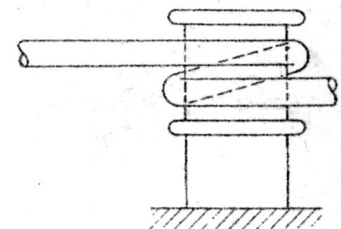


Fig. 2A

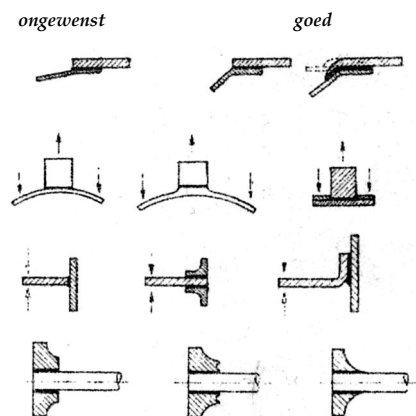


Fig. 2B

De mechanische sterkte van de lasplaats wordt bepaald door de zwakste schakel in de keten, dit is in de meeste gevallen de soldeerlaag. Afgezien van de mechanische eigenschappen van het soldeer, is de vormgeving van de las van belang. Enkele voorbeelden van goede en minder goede lasvormen voor mechanische constructies zijn getekend in figuur 2.

De rek- en breukgrens bij soldeerlegeringen zoals bijvoorbeeld tinlood zijn afhankelijk van de samenstelling van de legering.

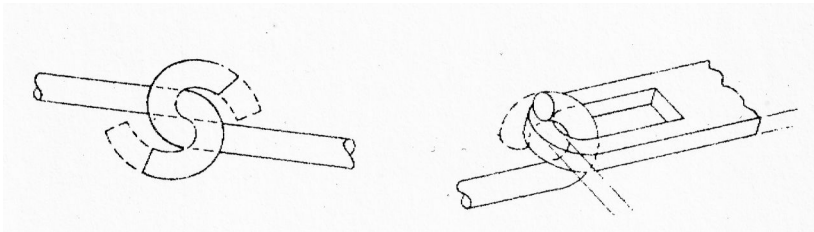


Fig. 2C

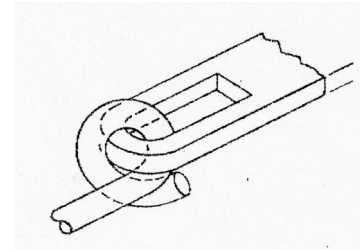


Fig. 2D

De grootste waarde vindt men in de omgeving van de eutektische samenstelling (63 % tin, 37 % lood). Een schets van dit verloop is gegeven in figuur 3.

Voortdurende belastingen op trek of afschuiving kunnen de constructeur zeer onaangename verrassingen bezorgen. Metalen als lood, tin, e.d. vertonen bij overschrijding van een grensbelasting kruipverschijnselen waardoor bij relatief kleine belasting van een lasplaats na verloop van zelfs zeer lange tijd breuk optreedt.

Koudvervorming van de lasplaats werkt nadelig; rekristallisatie treedt al bij omgevingstemperatuur op bij tin-lood legeringen (zie verloop in figuur 4).

Ook voortdurende trillingen en andere wisselbelastingen leveren bij grotere amplitudes en belastingduur breukgevaar op.

De invloed van de temperatuur op de sterkte van de lasverbinding is vooral bij laagsmeltende solderen groot, de treksterkte neemt zeer snel af en ook hier geldt weer dat eutektische legeringen zich het beste gedragen. De mogelijkheid is verder aanwezig dat het smeltpunt of smeltraject van een gevormde tussenlaag beneden die van de gebruikte soldeerlegering ligt. Met name kan dit bij verbindingen tussen messingdelen met zuiver tin (smeltpunt 232° C) waarbij o.m. een tin-zink legering wordt gevormd in de tussenlaag met een aanmerkelijk lager smeltpunt (197° C) verrassingen opleveren.

In die gevallen waarin door solderen verbindingen tussen elektronische onderdelen worden gemaakt moet men zich wel realiseren dat

de treksterkte etc. van soldeerlegeringen in de orde van slechts 10 % ligt van de te verbinden delen, Het verdient daarom aanbeveling indien krachten van enige betekenis te verwachten zijn de verbinding door bijvoorbeeld omhaken van draden in soldeerlippen e.d. eerst mechanisch te verankeren. Ook de elektrische geleidbaarheid van soldeer bedraagt circa 10 % van koper, dit kan bij verbindingen die grote stromen moeten overbrengen een rol spelen en eventueel aanpassing van de vorm vereisen.

Hoe wordt een goede hechting verkregen?

De vorming van een goed hechtende tussenlaag kan alleen dan plaatsvinden als de gesmolten soldeerlegering „pakt” op het basismetaleel. De genoemde verontreinigingen moeten hiertoe worden verwijderd voorafgaande aan de eigenlijke soldeerbewerking en dit kan op verschillende manieren:

1. Mechanisch door vijlen, borstelen, schuren.
2. Beitsen of etsen in een zuurbad.
3. Reductie en verwijderen met een geschikt vloeimiddel zoals harspasta met een activeringsmiddel.
4. Andere methoden zoals bijv. ultra-sonoreinigen.

Voorkomen is beter dan genezen en het bewaren van later te solderen onderdelen in goed gesloten polytheen zakken, of het dompelen ervan in een beschermende lak *) ligt voor de hand.

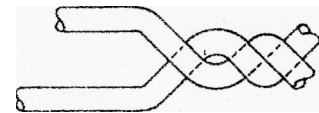


Fig. 2E

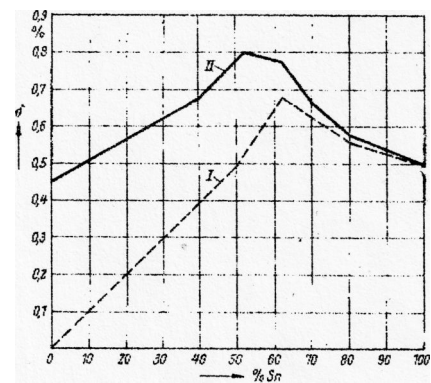


Fig. 3 I: Vloeigrens
II: Breukgrens

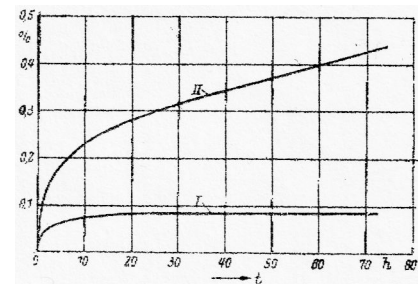


Fig. 4 I: Normale las
II: Koud vervormde las

*) Dergelijke lakken zijn in de handel verkrijgbaar en vormen bij dompelen een dun, maar effectief beschermend laagje. Colophonium, opgelost in alcohol helpt ook al in vele gevallen.

Ook vindt men baat bij galvanische bewerkingen zoals verkoperen van staal, voorvertinnen etc. [1, pag. 26].

In het algemeen wordt in de literatuur voorkeur uitgesproken voor thermisch vertinnen, alhoewel ook gunstige resultaten worden vermeld met elektrolvtisch vertinnen met laagdikten van tenminste 15 a 20 μ .

Ook deze tussenlagen moeten hecht verbonden zijn met het basismateriaal.

De taak van het vloeimiddel

In de Duitse literatuur wordt het begrip vloeimiddel (in overeenstemming met DIN 8511) als volgt omschreven: „Vloeimiddelen zijn niet-metallische stoffen. Indien de te solderen vlakken voldoende vooraf zijn schoongemaakt, moeten de vloeimiddelen de nog aanwezige oppervlaktelaagjes afbreken en de vorming van nieuwe corrosie verhinderen zodat het soldeer de metaaldelen goed kan bevochtigen. De gebruiksduur van het gesmolten vloeimiddel is beperkt” Daar reeds in de vorige artikelen hierover werd gesproken volstaan wij hier met een korte opsomming: [1] [6]

1. De flux moet bij de werkteperatuur vloeibaar zijn.
2. De metaaldelen en de verontreinigingen moeten vlot en volmaakt bevochtigd worden.
3. Laagjes aan de oppervlakten (oxyden, sulfiden) bij temperaturen bij voorkeur onder de soldeertemperatuur oplossen en afvoeren.

4. De schone oppervlakte tijdelijk beschermen tegen oxyderen gedurende de resterende verwarming.
5. De soldeerlegering moet de flux gemakkelijk verdringen, de oppervlaktetspanning van het soldeer moet door de flux verkleind worden.
6. Restanten flux moeten gemakkelijk te verwijderen zijn of zonder bezwaren t.a.v. corrosie, lekstromen e.d. kunnen blijven zitten.

Chemisch gezien kan de werking van een flux ook worden opgesomd als volgt:

1. oplossen van het oxyde onder vorming van een zout en water.
2. het oxyde reduceren tot metaal.
3. galvanisch neerslaan van de metaallaag.

Vloeimiddelen die het oxyde oplossen onder vorming van een zout en water zijn het meest in gebruik. Het moeten dus zuren zijn, zij het dat de voorkomende zuren vaak zwak zijn of dat er een stof aan toegevoegd is (activator) die bij bepaalde temperaturen een sterk zuur afsplitst. Reducerende fluxen zijn meest gasvormig, de oxydelaag wordt omgezet in zuivere metaaldeeljes, een typisch voorbeeld is waterstofgas.

Vloeimiddelen met een galvanisch effect werken analoog aan de bekende kopersulfaatoplossing voor het aftekenen, een dun laagje zuiver koper of iets dergelijks blijft

op het basismateriaal achter en het soldeer hecht hierop uitstekend.

Langdurige verhitting van vloeimiddelen zoals dennehars (colophonium) doet verkoling en ontleding optreden, de werking wordt daardoor zeer nadelig beïnvloed. Vloeimiddelen die uit verschillende stoffen zijn opgebouwd worden toegevoegd aan een vulstof of oplosmiddel zoals spiritus, alcohol, vaseline. Het oplosmiddel verdampft bij het verhitten van de las eerst, daarna wordt de opgeloste flux, bijvoorbeeld hars, actief.

In het overzicht van figuur 5 wordt in beknopte vorm bruikbare informatie over gangbare fluxtypes gegeven, gerangschikt naar afdalende agressiviteit.

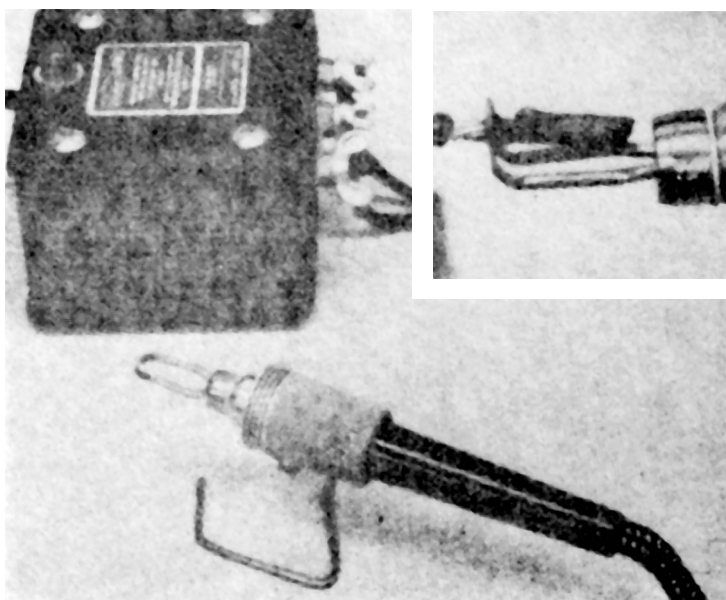
Iets over voorbereidende werkzaamheden

Afgezien van eerder genoemde maatregelen als reinigen en voorvertinnen kan bij het solderen aan elektrische apparatuur voor het verwijderen van isolatie- en laklagen op verbindingmateriaal een keuze gemaakt worden uit mechanische methoden zoals:

al dan niet automatisch strippen, gebruik van een striptang met verwarmde bekken (figuur 6) afschuren met schuurlijnen afschuren met tegen elkaar in snel roterende staaldraadborsteltjes zandstralen met een fijn straaltje kwartzand

of uit chemische methoden zoals: gebruik van meer of minder agressive oplosmiddelen voor de isolatielak.

Fig. 6



De toepassing van polyurethaanlakken als draadisolatie (Lötacke) maakt het mogelijk bij een bepaalde minimale werktemperatuur de draadeinden zonder flux of reiniging goed te vertinnen, vooral in bijvoorbeeld een tinbad en dit vormt wel een bijzonder elegante uitweg.

Fig. 5: OVERZICHT VAN VLOEIMIDDELEN

type	vloeimiddel	oplosmiddel	werktemperatuur	reinigende werking	corrosiviteit
inorganische stoffen					
zuren	zoutzuur	water	600° C	uitstekend	groot
	broomzuur fosforzuur	vaseline	600° C	uitstekend	
metaalzouten	zinkchloride	water	600° C	uitstekend	groot
andere zouten	ammonium chloride	glycol	350° C	goed	matig
	hydrazine hydrochloride	water ureum			
gassen	waterstof	geen	onder 550° C (zelfontbranding)	uitstekend	nihil
organische stoffen					
zuren	melkzuur	water	400° C	vrij goed	matig
	oliezuur stearinezuur glutaminezuur phtaalzuur	vaseline org. oplosmiddelen glycol			
halogenen	aniline	water	400° C	vrij goed	matig
	hydro chloride glutamine				
amiden en aminen	hydro chloride palmitine bromiden	vaseline org. oplosmiddelen glycol	400° C	redelijk	matig
	ureum ethyleendiamide	water vaseline org. oplosmiddelen glycol			
organische stoffen op harsbasis					
geactiveerd	hars + aminohydrochloride	org. oplosmiddelen	350° C	redelijk	geen of nauwelijks
niet geactiveerd	zuivere hars (colophonium)	org. oplosmiddelen	350° C	tamelijk gering	geen

Tot de voorbereiding willen we ook verder nog rekenen het gebruik van klemmetjes („heatsinks”) ter bescherming van kleine onderdelen die op zich niet te warm mogen worden.

Ter weerszijden van het gevoelige onderdeel brengt men vóór het solderen een klemmetje van goed warmte-geleidend materiaal aan, zodat de aansluitdraden een belangrijk deel van de getransporteerde calorieën aan deze klemmen afstaan en het inwendige van het onderdeel er betrekkelijk koel onder blijft (zie figuur 7).

Het aanbrengen van de flux kan afhankelijk van de toepassing plaatsvinden door middel van een kwastje of rolborstel, spuiten, e.d. Betrekkelijk recent is de toepassing van opgeschuimde flux, boven een reservoir, waarin men onder het fluxoppervlak vanuit fijne openingen bijv. perslucht laat ontsnappen, kan men op de „schuimkop” een tamelijk groot werkstukoppervlak homogeen met flux bedekken (bijv. voor panelen met gedrukte bedrading). Ook veroorzaakt men wel met behulp van een pomp in een trog die in het flux-reservoir geplaatst is een staande golf van vloeimiddel, het werkstukoppervlak kan eenvoudig mechanisch over de golftop strijken en raakt zo egaal bevochtigd. Enige voordroging van de met flux bevochtigde vlakken is gewenst, vooral bij dompelsolderen omdat anders de in holten en poriën achter gebleven oplosmiddelen „explosies” en spatten kunnen veroorzaken. Eenvoudig voordrogen met infrarood bestraling is hiertoe de oplossing.

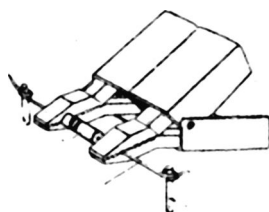


Fig. 7

Soldeertechnieken

De oude Sumeriërs gebruikten om te solderen een rietstengel voorzien van een punt uit aardewerk, als flux hierbij soda gemengd met urine [4].

Heden is deze methode niet meer actueel en staat een heel gamma van mogelijkheden ter beschikking van vakman en constructeur.

Het is niet doenlijk in dit artikel veel aandacht te wijden aan elke methode op zich, doch we willen trachten de lezer schetsmatig de belangrijkste te noemen.

Voorop staat de noodzakelijkheid de zachtsoldeerlegering en de daarmee te bevochtigen delen van de verbinding op een dusdanige hoge temperatuur te brengen dat de flux zijn activiteit kan ontplooiën en de soldeer goed uitvloeit.

Deze temperatuur staat bekend als werktemperatuur (zie tabel van figuur 5).

Al naar gelang van de warmtetoevoer aan werkstuk en soldeer kan men onderscheiden naar de verwarmingsmethode:

1. **vlamsolderen** (zie pag. 11 van MIKRONIEK, 8e jaargang, no. 1).

2. **verwarmen met een straaltje heet gas.**

Betrekkelijk onbekend doch zeer effectief is solderen met een fijn straaltje heet waterstofgas (voorzichtigheid geboden in verband met zelfontbranding bij 550° C en explosiegevaar.)

Archey [5] beschrijft de grote voordelen van H₂-solderen voor kleine lassen; het gaat snel, H₂ reduceert meteen, dus fluxen is overbodig, lage kosten, de lasplaats blijft tijdens het solderen zichtbaar, geen boutaantasting, zeer betrouwbaar. Boven een bepaald minimum van de gassnelheid is de temperatuurstijging van de lasplaats betrekkelijk onafhankelijk hiervan.

Verder is de methode zeer geschikt voor mechanisatie, hij claimt 1500 lasplaatsen per minuut te halen.

Het gas wordt met een doorstroomverwarmingselement op temperatuur gebracht, de regeling is eenvoudig door gebruik van een regeltransformator.

3. **Infraroodverwarming**

Zoals bekend kan voor het verwarmen van vooral kleine soldeerplaatsen met voordeel infrarode stralingsenergie worden geconcentreerd met behulp van infrarood doorlatende lenzen, reflectoren, e.d.

Recent is het gebruik van halogeonlampen met inwendige verspiegelingen en scherpe

bundeling (van de zijde van N.V. Philips bekend geworden). Wist U echter dat 100 en 150 Watts lampjes met inwendige verspiegeling voor diaprojectoren voor klein werk een zeer geschikte warmtebron met scherpe focussing op enkele cm van de ballon vormen en daarbij het werkstuk fel verlichten?

Ook andere vormen van infraroodstralers zoals verwarmingselementen in staaf of plaatvorm leveren interessante toepassingsmogelijkheden.

4. **Ultrasonore cavitatie**

Zoals Manko [2, p. 211] en andere auteurs vermelden, wordt solderen met ultra sonore apparatuur vooral voor lastige gevallen met veel succes toegepast. Door de optredende cavitatie worden oxydehuidjes snel afgebroken en een legering met het basismateriaal verkregen. Oorspronkelijk werd dit systeem voor het solderen van aluminium toegepast doch er zijn veel meer mogelijkheden weggelegd voor deze enigszins „prijzige“ apparatuur.

5. **Oven solderen**

Hierbij kunnen een groot aantal werkstukken voorzien van bijv. fluxbevattende uitgestansde soldeer-onderdelen gelijktijdig worden gesoldeerd.

6. **Hoogfrequent verwarmen**

De inductieve verwarming is voor niet al te kleine werkstukken een zeer geschikte oplossing. Een aardige toepassing vormt ook het met behulp van

hoogfrequent apparatuur aan elkaar solderen van de afzonderlijk, voorvertinde, aders van een soepele geleider met P.V.C.-isolatie (zie MIKRONIEK, 8c jaargang, no. 1 pagina 14).

7. **Roterende slijfschijf**

Als een wel wat merkwaardige methode vindt men hier en daar het gebruik van een snel roterende slijfschijf vermeld, waarvan vooraf de poriën met soldeer zijn „volgeslepen“. Door nu een keramische staaf

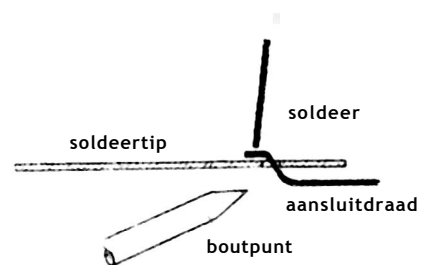


fig. 8

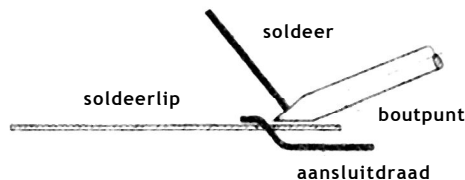


Fig. 9

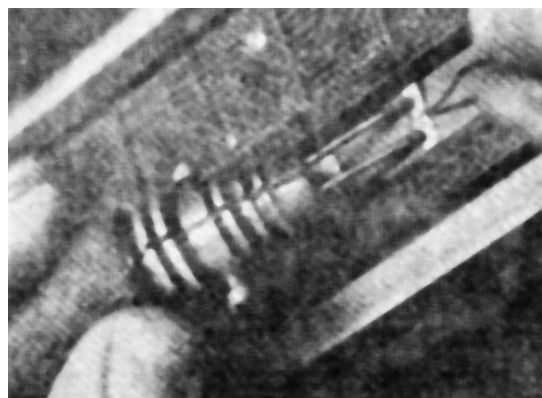


Fig. 10

of plaat tegen deze draaiende schijf te drukken smelt door wrijvingswarmte de tin en gelijktijdig zou een goed hechtende laag op het pas geslepen keramische oppervlak komen. Deze methode wordt ook wel voor het vertinnen van aluminium gebezigd.

8. **Directe verwarming door een — vrij grote — elektr. stroom**

Analoog aan weerstandslas kan men met behulp van een fikse stroom door twee bijvoorbeeld wolfram elektroden die dicht naast elkaar op een klein werkstuk worden gedrukt zeer snel een grote warmte-ontwikkeling krijgen (fig. 10).

Ook past men wel koolelektroden voor dit doel toe. Een reproduceerbare verwarming volgens i^2R veronderstelt echter dat i en R redelijk constant zijn. En dit is lang niet altijd het geval als er bijvoorbeeld sprake is van variabele overgangswaarden.

9. **Verwarming door geleiding**

De meer conventionele methode houdt in een warmtetoevoer aan soldeer en onderdelen door middel van warmteoverdracht met een soldeerbout, een verwarmingsplaat of -band. Een korte soldeertijd wordt bereikt bij een effectieve warmte-overdracht en dit houdt onder meer in

dat de — gave soldeerboutpunt voorzien is van een laagje soldeer zonder oxydekorsten. In een volgend artikel zal het onderwerp „soldeerbouten” nog uitvoerig ter sprake komen.

Interessant is echter om nog in te gaan op de vraag welke methode bij het solderen met een bout aan onderdelen en verbindingen aan elektrische apparatuur de voorkeur verdient. Wij doen dit aan de hand van figuur 8 en 9.

Bij figuur 8 wordt de boutpunt op geringe afstand van de plaats waar de tin moet komen zolang gehouden totdat de temperatuur voldoende hoog is om de tin op enige afstand van de boutpunt op de betreffende lasplaats te smelten;

De vloeibare tin vult dan verder de verbinding op en de bout verwarmt dus *indirect* de soldeerplaats. Het spreekt vanzelf dat de warmte-overdracht van de al dan niet gecorrodeerde boutpunt naar de te solderen onderdelen van geval tot geval variabel zal zijn en dat bovendien bij sterke verwarming deze delen reeds kunnen oxyderen vóórdat zij bevochtigd raken met flux.

In figuur 9 wordt de boutpunt vlak bij de te solderen delen gepiaats, de gevulde tin laat men echter aan het uiterste puntje van de bout afsmelten, een laagje flux loopt voorop, bevochtigt en reinigt en de snel op

temperatuur gebrachte tin draagt mede de warmte aan de te solderen delen over zodat na even doorwarmen een gave las ontstaat.

Uiteraard zijn varianten op figuur 8 en 9 aanwezig, kenmerkend is het verschil tussen direct verwarmen met vloeibare tin en de indirecte warmte-overdracht.

Literatuur-referenties:

- [1] G. Laubmeyer en W. Kupke. „Weichlöten in der Elektronik”. Fachverlag Schiele & Schön, Berlijn.
- [2] Howard H. Manko. „Solders en Soldering”. Mc.Graw-Hill Book Company, New York.
- [3] R. Barry. „Soldering and Solderability of Electronic Components”. Mullard Communications no. 81, Mei 1966.
- [4] Dudoco, „Lote und Flussmittel” Pforzheim/Germany.
- [5] William B. Archey, „Hot gas soldering for interconnection of integrated electronic packages”, IEEE, dec. 1964, pagina 1657-1660.
- [6] Multicore informaties (Ned. vert. N.V. Nierstrasz, Amsterdam).