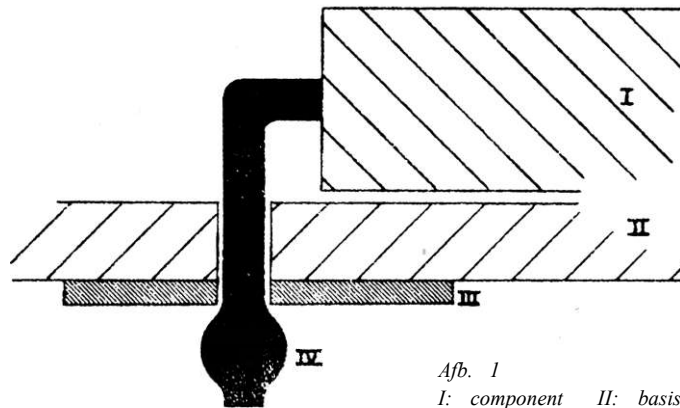


Het voorkomen van slechte soldeerverbindingen

door H. F. Roepers N.V. Zeva Amsterdam

In aansluiting op de aan het solderen gewijde Fijnmechanische Dag d.d. 14 december jl. in Hotel Casa te Amsterdam meenden wij er goed aan te doen nog eens duidelijk en beknopt enkele punten naar voren te brengen, die bij het zachtsolderen in het algemeen en het solderen van gedrukte schakelingen en elektronische apparatuur in het bijzonder, naar onze ervaringen een uiterst belangrijke rol spelen.



Afb. 1

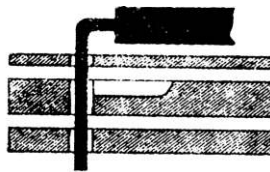
I: component II: basismateriaal
III: koper spoor
IV: geplette aansluitdraad

SOLDEERBAARHEID VAN COMPONENTEN

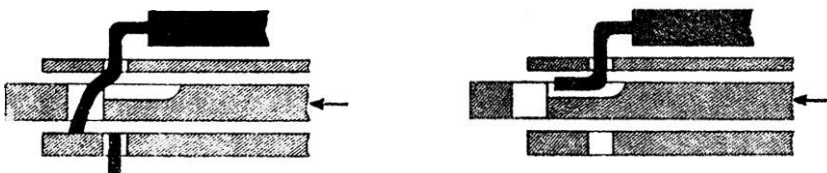
De soldeerbaarheid van de componenten is in de meeste gevallen redelijk tot goed te noemen, maar vaak nog afhankelijk van het fabriekaat, en het type. Bij de minder gangbare typen of bij onderdelen welke lange tijd zijn opgeslagen kunnen bij het solderen en vooral bij het automatisch solderen slechte soldeerverbindingen ontstaan.

Voor het ondervangen van deze moeilijkheden staan ons drie oplossingen ter beschikking, te weten:

a. de draadeinden af te knippen met een knipplettang, die in één beweging de draad afknijpt en plet, zie figuur 1, waardoor eventueel aanwezige oxyden worden verwijderd en de draad een dusdanige vorm krijgt, dat hij niet meer door het geboorde gat uit de print kan vallen.



Afb. 2
Machinaal afknippen en ombuigen van aansluit draden.



b. een knip-buigmachine, welke nadat de component in de gedrukte schakeling is geplaatst, de draden afknijpt en ombuigt. Hierbij wordt tevens eventueel aanwezige oxyde van de draad gekrast. Zie afbeelding 2.

c. de componenten vóór te vertinnen in een smeltkroesje gevuld met een tinvulling die niet aan de oppervlakte oxydeert en welke koperhoudend dient te zijn, daar bij gebruik van een niet-koperhoudend tinsoldeer door de grote oplosbaarheid van het koper in tin de draad-diameter van dunne aansluitdraden met ruim 50 % afneemt. Bij grote hoeveelheden componenten kunnen deze het beste in een epoxyplaat gestoken worden (zonder Cu-folie) en dan allen tegelijkertijd worden gedompeld in een tinbad bij 210-220° C gedurende 2 tot 3 seconden.

Hierbij dient deze epoxy-plaat wel zuiver vertikaal het tinbad te verlaten, i.v.m. tindruppelvorming aan de componentdraden, die daardoor niet meer uit de plaat genomen zouden kunnen worden.



Afbeelding 3

Doorsnede van een soldering op een gedrukte schakeling. Tussen het soldeer en het koper is duidelijk de lichtere overgangszone te herkennen.

OMBUIGEN VAN COMPONENTEN

Wij hebben vastgesteld, dat indien de componentdraden niet geknipplet worden, maar machinaal of met de hand worden omgebogen de beste soldeer resultaten worden verkregen indien de hoek waaronder wordt omgebogen 30 graden bedraagt. Bovendien zijn dergelijke verbindingen dan later ook eenvoudiger te controleren op vloeihoek enz.

WELKE LENGTE VAN DRAADEINDEN

Men dient er op te letten dat hoe dikker de draad is, des te verder deze onder de print moet uitsteken om zodoende, vooral bij dompelsolderen, voldoende warmte te kunnen opnemen. Als algemene maatstaf geldt, dat draadjes van 0,8 mm, 2 mm onder de print dienen uit te steken.

Indien de draadeinden niet worden omgebogen, dient men vooral te letten op de juiste lengte en op de tolerantie gat-diameter ten opzichte van draad-diameter; deze mag namelijk nooit meer dan 0,3 mm bedragen, daar de gaatjes gedeeltelijk open zullen blijven na het dospel- of sleepsolderen en dit het beoordelen van de solderingen moeilijker maakt.

COMPONENTDRADEN KNIPPEN VÓÓR of NÁ HET SOLDEREN

Het is sterk af te raden de aansluitdraden na het solderen af te knippen, daar hierbij altijd de verbinding; mechanisch belast zal

worden. Een trekkracht van slechts een paar honderd gram is voldoende om een soldeerverbinding in de diffusie-zone te verschuiven, waardoor na verloop van tijd overgangsweerstanden ontstaan. Een voortdurende kracht van slechts 20 gram op een soldeerverbinding is voldoende om deze bij kamertemperatuur te doen rekristalliseren, waardoor de gesoldeerde draad na enige maanden los in het soldeer komt te liggen.

Bovendien geeft een na het solderen afgeknipte componentdraad later aanleiding tot corrosie omdat hierbij het blanke koper in direct contact komt met de atmosfeer.

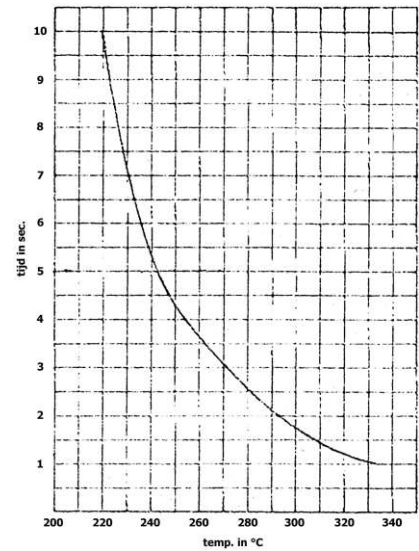
PVC-ISOLATIE

Bij het solderen van montage-draad, dat voorzien is van een PVC-isolatie moet er op worden toegezien, dat deze isolatie 5 tot 6 x de draaddiameter van de soldeerpijps verwijderd blijft en dat deze niet met de soldeerstift wordt verhit. PVC-isolatie splitst namelijk bij soldeer bout-temperatuur chloor af, hetgeen later op of om de soldeerplaats tot een oneindig herhaalde corrosie aanleiding zal geven.

WELKE SOLDEERTIJD EN -TEMPERATUUR

Afbeelding 3 toont U een micro-opname van de doorsnede van een goede soldeerverbinding, gemaakt met een soldeerbout bij 320° C in 1 seconde. Duidelijk is hier de overgang zichtbaar met de legeringszone.

De aanwezigheid van een dergelij-



Afbeelding 4.

De vereiste tijd afhankelijk van de temperatuur van het tinsoldeer, voor het dompelsolderen van gedrukte schakelingen. Het punt waarbij de beste resultaten in de praktijk verkregen worden ligt op de coördinaten van 245-250° C bij 4½ tot 5 sec.

ke zone is het bewijs van een goede soldeerverbinding, en deze ontstaat alleen in 1 seconde bij temperaturen vanaf 320° C. Natuurlijk ontstaat deze ook in een langere tijd bij een lagere temperatuur, zie de grafiek op afbeelding 4.

Men dient echter met het oog op en de produktie-snelheid en de gevoeligheid van het basismateriaal en de te solderen componenten naar een zo kort mogelijke soldeertijd te streven. Deze bedraagt 1 tot 1½ seconde per soldering. Dat dit in de industrie met soldeerbouten van slechts 20 of zelfs 10 Watt op de meeste plaatsen niet haalbaar is, zal duidelijk zijn.

Behalve in laboratoria of andere plaatsen waar slechts zo nu en dan een soldeerverbinding wordt gemaakt, werkt het solderen in de industrie met dergelijke kleine vermogens op gedrukte schakelingen uitsluitend slechte en koude soldeerverbindingen in de hand, miniatuurverbindingen uitgezonderd. De herstellingstijd na een soldering is bij dergelijke soldeerboutjes met stift diameters van 3 tot 4 mm veel te groot om bijvoorbeeld na

10 solderingen van 1½ seconde nog een temperatuur af te geven van minimaal 320° C.

Dit is zonder meer een eis waaraan een bepaalde soldeerbout voor een bepaald werk moet voldoen, wil men zeker zijn van goede soldeer-verbindingen.

SOLDEERSTIFTEN

Ook hierbij geldt, dat ondanks de bestaande tendens in juist tegenovergestelde richting dient te worden gestreefd naar soldeerstiften met een zo groot mogelijke diameter en een zo stomp mogelijke punt. Beide in verband met het warmte transport bij industrieel-solderen.

WELK VERMOGEN VOOR DE SOLDEERBOUTEN

Voor het solderen van gedrukte schakelingen kunnen in het algemeen het beste soldeerbouten van 35 tot 70 watt gebruikt worden met stiftdiameters van 5 tot 6 mm en boutpunten met een hoek van ca. 40 graden.

Is het voor bepaalde verbindingen toch nodig met een dunnere stift of een veel scherpere punt te werken vanwege de compacte bouw der apparatuur, dan dient proefondervindelijk te worden vastgesteld of deze tot nu toe gebruikte soldeerbout nog wel voor dat werk gebruikt kan worden. Als voorbeeld moge dienen dat bij grote fabrieken voor telecommunicatie-apparatuur met soldeerbouten van 85 tot 110 watt wordt gesoldeerd, omdat en met verijzerde en met zeer puntige soldeerstiften gewerkt wordt.

KOPEREN OF VERIJZERD-KOPEREN SOLDEERSTIFTEN

Het invreten van de soldeerstiften (zie afb. 5) kan op 2 manieren worden tegengegaan. Ten eerste door met een koperhoudend soldeer te werken waardoor de levensduur 8 tot 10 maal verlengd wordt. Deze oplossing heeft het voordeel, dat met goedkope stiften van elk model gewerkt kan worden en dat het toch koperhoudende tinsoldeer vrijwel niet duurder is dan normaal soldeer. De tweede mogelijkheid is de verijzerde soldeerstift, die weliswaar duurder is in aanschaf, maar waarbij standtijden zonder te zijn nabewerkt van 3 tot 4 maanden geen uitzondering zijn. Er dient hier echter wel op de juiste soldeermethode te worden gelet, waarop nader teruggekomen wordt.

Deze stiften zijn langs galvanische weg voorzien van 250 micron ijzer en 7 micron nikkel, dat niet door tin wordt opgelost. Zij kunnen bovendien enkelzijdig vertind geleverd worden voor het solderen van kleine relais en andere dichtbij elkaar gelegen verbindingen. Hierdoor wordt het lossolderen van de eerder gemaakte verbindingen voorkomen.

Het gebruik van bovengenoemde speciaal verijzerde soldeerstiften heeft in de praktijk inmiddels duidelijk aangetoond sterk kostenbesparend te werken. Bovendien stijgt de homogeniteit van de gemaakte soldeerverbindingen daar de puntvorm van dergelijke soldeerstiften niet verandert en de stiftenlengte konstant blijft. Daar door de galvanisch opgebrachte lagen de warmteoverdracht naar

Afbeelding 5.

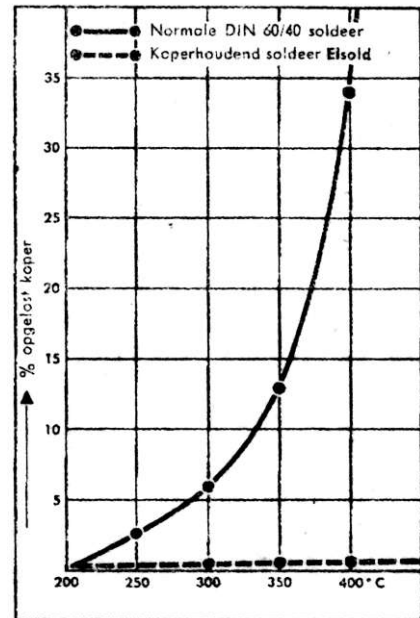
De oplosbaarheid van koper in normaal 60/40 en in een koperhoudend soldeer, in functie van de temperatuur.

Ingedompeelde koperoppervlakte 900 mm²

hoeveelheid tinsoldeer 80 gram;

dompeltijd 16 seconden.

Overgenomen uit: H. Künzler, H. Bobren te Bern „Untersuchungen an Feinlötlstellen". Techn. Mitteilungen PTT Schweiz Nr. 9/1954.



de soldeerpunt enigszins wordt vertraagd, dienen bij het gebruik van dergelijke soldeerstiften in soldeerbouten waarin vroeger normale koperen stiften werden gebruikt, deze zodanig te worden ingekort, dat zij aan de achterzijde van de soldeerbout niet uitsteken en aan de voorzijde hun normale lengte hebben.

WELKE DIAMETER VAN DE TINSOLDEERDRAAD

De diameter van de tinsoldeerdraad zal aangepast moeten zijn aan de grootte van de te maken solderingen, zodat het naschuiven bij het solderen tot enkele millimeters beperkt blijft. Bovendien wordt de kg-prijs van tinsoldeerdraad lager naarmate de draaddiameter stijgt.

WELKE SOLDEERLEGERING

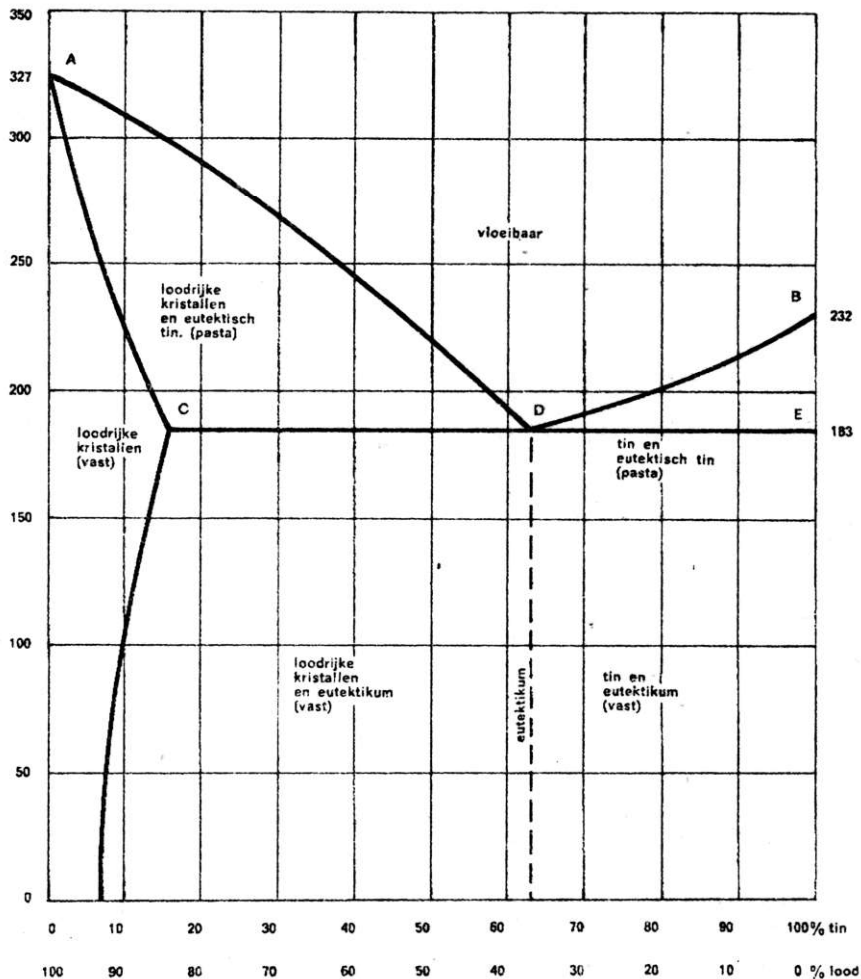
Nevenstaand diagram afbeelding 6 geeft het smeltbereik en de daarmee gepaard gaande toestand van de tin-lood legering weer.

Op de x-as vinden we 0 % tot 100 % lood en 100 % tin tot 0 % lood. Op de y-as is de temperatuur afgezet tot 350° C.

Aan de hand van dit diagram is duidelijk vast te stellen, dat men het bijna eutektisch soldeer, legering 60 % tin en 40 % lood, het snelst gesoldeerd kan worden, en dat deze legering vrijwel onmiddellijk van vloeibaar naar vast overgaat.

Onder het eutektikum van de tin/lood legering wordt verstaan het punt D in het diagram op afbeelding 6 waarin alle tin- en loodkristallen in hun kleinste grootte, dus vrijwel homogeen, voorkomen.

Indien daarentegen met bijvoorbeeld 40/60 of 50/50 tinsoldeer gesoldeerd wordt, dan is ten eerste een hogere soldeerbout temperatuur nodig en geschiedt de stolling veel langzamer. Dit wordt verklaard doordat het soldeer van vloeibaar eerst pasta-achtig wordt, (in deze periode vormt zich eutektisch tin/lood met óf loodrijke- óf vrije tinkristallen), afhankelijk of de legering in de driehoek ACD of BED valt, en wordt dan eerst vast. Het interessante van deze overgangsfase is dat hier uit blijkt dat een MECHANISCHE sterkte van welke tin/lood-legering dan ook, boven de 183° C niet meer gegarandeerd kan worden, omdat elke verbinding uit eutektisch tin/lood bestaat met of zonder vrije tin of loodkristallen; en het smeltpunt van dit eutektikum ligt bij 183° C.



Afbeelding 6.
Toestands-diagram van tin-lood-legeringen.

Hiervan uitgaand is uitsluitend het 60/40 tinsoldeer aan te bevelen voor het leggen van elektrische soldeerverbindingen.

Voor bijzondere doeleinden zoals bijvoorbeeld de gloeilampenfabricage en solderingen aan sneldraaiende motoren bestaand speciale legeringen met toevoegingen van andere metalen, waardoor geheel andere smelttrajecten ontstaan.

DE JUISTE SOLDEERMETHODE

Bij het gebruik van tinsoldeerdraad met harskern wordt al tientallen jaren in vele bedrijven de onderstaande soldeermethode voorgeschreven:

Verwarming met de soldeerbout van de te solderen onderdelen en toevoeging van het tinsoldeerdraad van de andere kant. Hierbij ging

men er van uit, dat langs deze weg koude soldeerverbindingen voorkomen werden.

Indien de beide te solderen delen niet uitstekend zijn voorvertind leidt deze methode bij de vereiste huidige korte soldeertijden uitsluitend tot slechts soldeerverbindingen. Bij deze methode moeten namelijk soldeerbouten met een hoge temperatuur gebruikt worden, welke het te solderen materiaal vlak voor de soldering sterk oxyderen door hun hoge temperatuur. Deze sterkere oxyde-laag wordt door de normale vloeimiddelen niet meer weggenomen waardoor onbetrouwbare solderingen ontstaan.

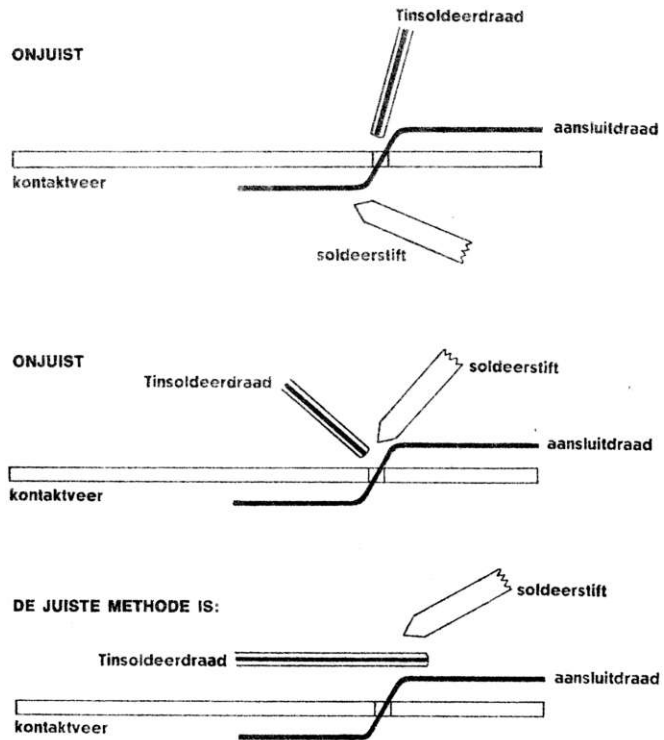
Om de zelfde reden is onderstaande methode, waarbij de aansluitdraad eerst verhit wordt en daar-

na pas het tin wordt toegevoegd, eveneens foutief.

Hierbij smelt eerst het vloeimiddel dat op de soldeerplaats loopt en daarna het tin. De te solderen onderdelen worden dan door het vloeimiddel en het tin op soldeertemperatuur gebracht en zijn daarbij van de buitenlucht afgesloten, waardoor geen oxydatie optreedt van de te solderen onderdelen. Uitgaande van een soldeerbout met het juiste vermogen en met een juiste temperatuur is dit de enige betrouwbare methode voor het leggen van goede solderingen in de kortst mogelijke tijd.

Beide solderingen van fig. 7A en B werden op deze wijze gemaakt. Reeds na 1 seconde ontstaat een duidelijk goede soldering met een scherpe vloeihoeck. Na 2 seconden is het tin volledig uitgevloeid. Vergelijk bijvoorbeeld het resultaat met de solderingen en in 2 seconden met afbeelding 8A en 8B. Onderstaand het resultaat van een zogenaamde tegenzijdige soldering, waarbij het materiaal aan de onderzijde werd verwarmd en het tin aan de bovenzijde werd toegevoegd.

Verwacht zou worden, dat bij een langere soldeertijd het tinsoldeer verder zou uitvloeien. Dat dit echter niet gebeurt is een bewijs, dat de oxyden op het te solderen metaal zo versterkt zijn gedurende het verwarmen, dat het vloeimiddel niet meer in staat is deze oxyden op te lossen.



Afbeelding 7A: soldeertijd 1 seconde.



Afbeelding 7B: soldeertijd 2 seconden.



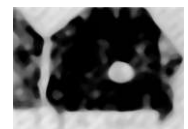
Afb. 8A. soldeertijd 1 seconde: geen soldering.



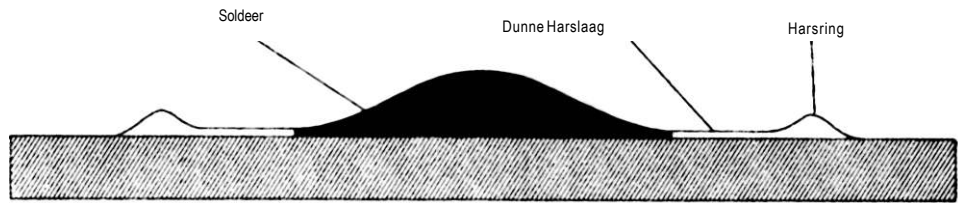
Afb. 8B. soldeertijd 2 seconden: er ontstaat een soldering met relatief stompe vloeihoeck.



Afb. 8C. soldeertijd 3 seconden: de stompe vloeihoeck is behouden en het tin heeft niet verder gevloeid.



Afb. 8D. soldeertijd 6 seconden: behalve dat het harsvloeimiddel verkoold is, is verder geen verandering opgetreden.



Afbeelding 10.
Schematische voorstelling van een goede soldeerverbinding, waarbij geen harsresten op het tinsoldeer achterblijven, maar in een dunne laag en een dikkere ring concentrisch om de soldeerplaats liggen.

HET TESTEN EN BEOORDELEN VAN SOLDEERVERBINDINGEN

Om tot goede soldeerverbindingen te komen is het in eerste instantie noodzakelijk, dat aan alle reeds eerder genoemde voorwaarden wat betreft voorbereiding, soldeertijd, soldeertemperatuur, vermogen van de soldeerbout en de soldeerbaarheid van de componenten is voldaan.

Het beoordelen van de soldeerverbindingen mag nooit geschieden door deze mechanisch te belasten, door er bijvoorbeeld aan te trekken of te rukken. Hierdoor kan een dergelijke soldeerverbinding na verloop van tijd door rekristallisatie bij kamertemperatuur uiteen vallen. De enige methode om een soldeerverbinding te beoordelen is door visuele inspectie.

Een zeer belangrijk punt bij de beoordeling van een soldeerverbinding is de plaats van de vloeimiddelresten ten opzichte van de soldeerverbinding. Deze harsresten moeten, afhankelijk van de vorm van de soldeerplaats, min of meer in een concentrische cirkel rond het tin liggen. Er mogen zich geen harsresten op het soldeer bevinden, daar dit een aanwijzing is, dat de temperatuur op de soldeerplaats niet hoog genoeg geweest is. De zone tussen deze harsring en het tinsoldeer moet met een dun laagje hars bedekt zijn, zoals aangegeven op afbeelding 10.

De vloeihoeck van de soldering moet klein zijn en ligt tussen 0 en 20 graden. Zie afbeelding 9 III. Alleen dan hebben wij zekerheid, dat het tin werkelijk gevloeid

heeft en dat soldeertijd en temperatuur voldoende zijn geweest. In het algemeen moet bij de beoordeling van een soldeerverbinding op de volgende punten worden geteld:

- de te solderen onderdelen moeten goed soldeerbaar zijn en op de juiste manier in de gedrukte schakeling zijn aangebracht;
- na de soldering mag geen druk of trek op de soldeerplaats optreden.

- eventueel montagedraad moet tot de juiste lengte zijn gestript.

- bij litze-draad moet het tin om alle adertjes in de soldeerverbinding gevloeid hebben.

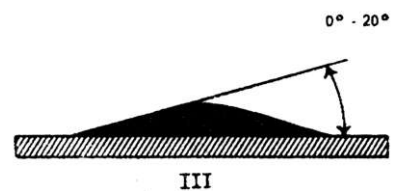
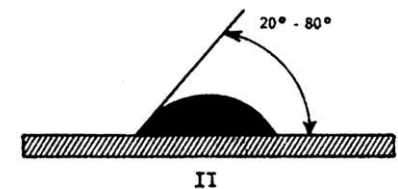
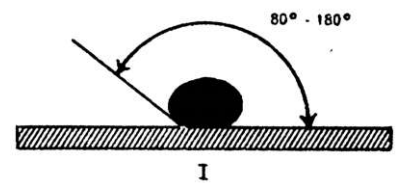
- de soldeerverbinding moet glad zijn, maar mag er niet gepolijst uitzien;

indien de solderingen met de soldeerbout zijn gemaakt, moeten zij een klein ruw plekje aan de bovenkant hebben (eutektikum); soldeerverbindingen, die er als gepolijst uitzien zijn hoogstwaarschijnlijk z.g.n. „koude solderingen“: er mogen zich geen poreuze plekken of kratertjes in bevinden, de oppervlakte mag er niet ruw of grauw uitzien;

de verbinding mag niet kogelvormig zijn, zie afbeelding 9 I; de soldering mag geen scheurtjes vertonen, daar dit op een mechanische belasting duidt.

- de te solderen onderdelen moeten door het tin gelijkmatig dun bedekt zijn en de contouren van de gesoldeerde draden moet men in het tin kunnen zien liggen.

Uiteraard zijn er nog de problemen die zich kunnen voordoen bij



Afbeelding 9.
I en II zijn slechte soldeerverbindingen. III is een goede soldeerverbinding met een kleine vloeihoeck.

het solderen van gedrukte schakelingen.

In dit verband is het wellicht nuttig te verwijzen naar een boekje (dat voor belangstellende lezers van Mikroniek door de N.V. Zeva gratis ter beschikking wordt gesteld) waarin een veertigtal problemen worden behandeld, die zich kunnen voordoen bij de vervaardiging en het solderen van elektronische apparatuur.