

Miljøvenlig lodning

Niels F. Gram

Dansk Industris Miljøafdeling

DANSK METALLURGISK SELSKAB

VINTERMØDE 1994

det hedder loddetin, selv om der undertiden er meget lidt bly i loddet.

### Abstract

Environmentally sound solder joints.

Soft soldering consumes about 60,000 annual tonnes of tin-lead solder, containing about 25,000 tonnes of lead, that eventually may enter the environment, and therefore is considered a pollution problem. On the other hand, soldering offers environmental advantages, including good work hygiene, excellent repairability, and easy deconstruction for recycling of components - due to the low melting temperature of solder.

Recent development follows two lines: Replacing solder with conductive adhesives, and Selecting alternative solders, that do not contain lead or other toxic elements. Lead-free soldering is expected to have a future in most applications, including electronics, because it allows easy repair, updating and recycling of products.

### Indledning

Ved lodning forstås her alene blødlodning, dvs. lodning, som foregår ved lavere temperatur end den arbitrære grænse: 450°C.

Som loddemetal anvendes fortrinsvis tinholdige legeringer, hvor tin spiller rollen som det aktive metal, der væder og legerer sig med grundmetallet.

I det korte øjeblik, der tager at udføre en blødlodning, fungerer det smeltede tin som et opløsningsmiddel, der angriber grundmetallets overflade og etablerer en egentlig, metallisk forbindelse mellem loddemetal og grundmetal.

Man kan glimrende lodde med rent tin, men foretrækker tinlegeringer, som ofte er stærkere, som har lavere smelte- og loddetemperatur, og som i de fleste tilfælde er billigere end rent tin - uden at loddeegenskaberne nedsættes ved "fortyndingen".

Helt overvejende er det tin-blylegeringer (almindeligt loddetin), der anvendes, og blødlodninger udføres så stort tal, at det globale forbrug af disse legeringer andrager 60.000

pt er pricforholdet tin-bly 12:1

tons/år eller ca 6.6 millioner liter loddetin [Hampshire 1993]. Tin er så meget dyrere end bly - for tiden ca 12 gange - at tinindholdet (eller fortyndingen) tilpasses formålet, så der ikke bruges dyrere loddetin end nødvendigt [Gram 1981].

I de tilfælde, hvor lodninger skal udføres i massefabrikation, og temperaturen samtidig begrænses mest muligt, indsnævres udvalget til den eutektiske legering 62Sn-38Pb og dens nærmeste naboer. Det gælder bl.a. elektroniklodning, som næsten udelukkende foretages med loddetin med 60-65% tin. Resten er bly, bortset fra specielle tilsætninger i små mængder til visse formål.

#### Miljøproblemer

Selv om den enkelte lodning kun bruger fra nogle milligram til få gram loddetin, er det ikke helt ubetydelige mængder bly, der følger med de loddede genstande og apparater. Op mod 25.000 tons om året bliver det til i hele verden.

Det er mindre end 0.5% af den samlede blyproduktion på 5.5 millioner tons pr. år, men i vore dage må det alligevel betragtes som et miljøproblem, at en stor del af dette bly ender "i miljøet" via lossepladser og forbrændingsanlæg, når tingene er udtjente. Spredningen er ganske effektiv i og med, at elektronik ikke mere er en afgrænset varegruppe, men indbygges i apparater og maskiner i alle industrigræne.

Foruden loddetin og de metaller, der loddes på, sammenbygges i elektronikudstyr en mængde forskellige komponenter og materialer, herunder flere, der kan give anledning til miljøforurening.

Det er baggrunden for, at flere lande ønsker at pålægge producenterne ansvar for den miljørigtige bortskaffelse af elektronikprodukter efter deres praktiske levetid. Disse tanker er i øvrigt ikke begrænset til elektronik, men denne produktgruppe fremhæves, fordi den er så udbredt, og fordi den indeholder forholdsvis meget blyholdigt loddetin.

### Miljøfordele

Blyindholdet i loddetin har imidlertid ikke kun negative sider, det rummer også fordele i miljømæssig henseende.

Den lave arbejdstemperatur, der kan opnås, betyder dels, at lodning med eutektisk eller nær-eutektisk loddetin ikke medfører målelig blypåvirkning hos medarbejderne, og dels at andre arbejdsmiljøeffekter - f.ex. fra de benyttede flussmidler - begrænses mærkbart eller helt undgås.

Blødlodning betragtes først og fremmest som en hurtig og billig sammenføjningsmetode, der er velegnet til massefremstilling, automatisering og kvalitetskontrol, bl.a. på grund af loddetinnets lave smeltetemperatur. Netop denne egenskab gør det også let at bryde loddesamlinger med henblik på reparation og vedligehold, eller for at adskille kasserede produkter i deres bestanddele.

De ovennævnte ønsker om producentansvar for udtjente produkter omfatter også krav om genanvendelse af komponenter eller materialer fremfor forbrænding eller lossepladsdeponering [Miljøministeriet 1992]. Det vil medføre et behov for let at kunne adskille produkter i deres forskellige og forskelligartede

bestanddele - hvilket netop lader sig gøre ved loddesamlinger.

Nok så vigtigt er det måske på længere sigt at øge genanvendelsen og mindske affaldsproduktionen ved at forlænge produkternes effektive levetid gennem reparation og vedligehold. Hidtil har teknologisk forældelse og andre faktorer trukket i retning af kortere levetider og kassation, men nye miljøkrav må ventes at favorisere reparationsvenlige produkter. De kan holdes længere tid i drift gennem reparation og vedligehold, og navnlig kan de løbende eller efter behov opdateres gennem udskiftning af komponenter eller moduler som modtræk mod teknologisk forældelse. NB

Her kommer lodning til sin ret som en samling, der let kan åbnes og let kan reableres pålideligt med nye komponenter eller moduler. I tilgift undgås eller udskydes apparaturets skrotning og dermed udsigten til, at loddemetallet spredes i miljøet.

Der findes andre samlinger, som kan åbnes og reableres, men sjældent så let og så pålideligt som loddesamlinger.

#### Udviklingsmuligheder

To udviklingslinier er synlige og tildels påbegyndte: man kan erstatte lodning med alternative samlinger, f.ex. med ledende lim - og man kan udvikle mere miljøvenlige loddemetaller (uden bly eller andre giftige bestanddele).

Ledende lime er langt fremme til elektroniklodning og vil blive et realistisk alternativ til lodning, selv om limning endnu er lidt langsommere og bl.a. kræver hærkning ved forhøjet temperatur i noget længere tid. Limsamlinger kan åbnes og reableres, men igen ikke så hurtigt som lodninger. Ledeevnen i

de bedste lime leveres af et stort antal sølvfibre, som er opslemmet i mediet, og det må bemærkes, at sølv ikke uden videre er tilgængeligt i sådanne mængder, at alt elektronikloddetin kan erstattes med sølvholdige, ledende lime. Dette problem kunne eventuelt løses med kobberfibre i stedet for sølv, men dette er endnu ikke gennemarbejdet.

Blyfrit loddetin findes allerede i form af rent tin og tinlegeringer med antimon, sølv, kobber, bismuth eller indium. Der vil imidlertid ikke kunne skaffes tilstrækkelige mængder bismuth og indium til at substituere bly i stor målestok, og indium er allerede urimeligt kostbart. Disse to metaller danner med tin eutektika med lave smeltepunkter - se tabellen side 7 - og er på det grundlag særdeles nyttige til specielle formål, men ikke til masseproduktion.

Med antimon, sølv eller kobber bliver smeltepunktet for højt til nuværende kredsløb og komponenter i elektronindustrien, jvf. tabellen, men legeringerne er nyttige loddemetaller til visse andre formål. Der vil ikke være problemer med at fremskaffe disse legeringsmetaller i fornødne mængder, og selv om prisen uundgåeligt bliver højere end for tin-blylegeringer, vil den ikke være prohibitiv.

Det vil den heller ikke for tin-zink, hvis smeltepunkt gør legeringen velegnet til elektroniklodning, omend den formentlig vil kræve en betydelig metodetilpasning for at give pålidelige resultater. Løsningen kunne også søges i en ternær tin-sølv-kobberlegering, hvis smelte- og loddetemperatur endnu ikke er dokumenteret.

### Konklusion

Nye miljøkrav om tilbagetagning og genanvendelse af industriprodukter gør bløddodning til en miljøvenlig samlemetode. Anvendelsen på længere sigt vil dog afhænge af, at den kan gøres blyfri ved komponent- eller designændringer, eller ved udvikling af alternative loddemetaller med lav arbejdstemperatur. Her er en binær tin-zinklegering og en ternær tin-sølv-kobberlegering interessante muligheder.

Sammensætning i vægtprocent	Smeltepunkt
48 Sn - 52 In	117°C
43 Sn - 57 Bi	138°C
62 Sn - 38 Pb	183°C
91 Sn - 9 Zn	199°C
96.5 Sn - 3.5 Ag	221°C
99.3 Sn - 0.7 Cu	227°C
95 Sn - 5 Sb (ikke eutektisk)	232-240°C

*cadmiumbøddet 145° ser vi bort fra  
→ interessant mulighed*

**Tabel: Eutektiske tinlegeringer**  
iflg. Hansen 1958

### Referencer

- Gram 1981. Bogen om Loddetin, 3. udgave. Paul Bergsøe & Søn A/S 1981.
- Hampshire 1993. The Search for Lead-free Solders. Soldering & Surface Mount Technology, No.14 June 1993, p.49-52.
- Hansen 1958. Constitution of Binary Alloys, 2nd Edition. McGraw-Hill 1958.
- Miljøministeriet 1992. Handlingsplan for Affald og Genanvendelse 1993-1997.

## Globalt produktion/forbrug i 1990

Tin	160.000 t/a	
Bly, inkl. genind	5.500.000 -	(ret konstant) heraf 2,2 mio t genvundet
Loddetin	60.000 -	
- tinindhold	35.000 -	
- blyindhold	25.000 -	

Loddetin ved at overhale hvidblik  
mht tinindhold/forbrug

Hvidblik pt har  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{1}{2}$   $\mu$  tin.

Dansk Metalekstraktion, Nykobly Falster, forasker og  
elektrolyserer elektronikaffald for genbrug af Au,  
Ag, Sn m.v.

Vintermødeforslag: Adskillelse af metaller

Bly i mørke, blyhvidt, <sup>nedgravede</sup> blykabler (B), <sup>sokabler</sup> blyhagl, bly i benzin  
er stort set ophørt