

# Sammenføyning





# Innhold

<b>1. Innledning – sammenføyningsmetode</b> . . . . .	<b>5</b>
1.1 Hva er sammenføyning . . . . .	5
1.2 Utvikling av sammen-føyningsmetoder . . . . .	5
<b>2. Sveising</b> . . . . .	<b>5</b>
2.1 Smeltesveising . . . . .	6
2.2 Pressveising . . . . .	12
2.3 Sveisestrømkilder . . . . .	13
2.4 Utstyr på sveisestedet . . . . .	15
2.5 Sveiseforbindelsen . . . . .	16
2.6 Varmebehandling . . . . .	17
2.7 Sveiseforbindelser . . . . .	17
<b>3. Lodding</b> . . . . .	<b>20</b>
3.1 Hardlodding . . . . .	20
3.2 Myklodding . . . . .	20
3.3 Loddefuger . . . . .	21
3.4 Flussmiddelet . . . . .	22
3.5 Bruksområder . . . . .	23
3.6 Loddemateriale . . . . .	24
<b>4. Liming</b> . . . . .	<b>26</b>
4.1 Liming av metaller . . . . .	26
4.2 Liming av plast . . . . .	29
4.3 Liming av tre . . . . .	31
<b>5. Mekanisk sammenføyning</b> . . . . .	<b>32</b>
5.1 Introduksjon . . . . .	32
5.2 Klinkede forbindelser . . . . .	33
5.3 Nagleforbindelser . . . . .	33
5.4 Mekanisk sammenføyning av plast . . . . .	35
5.5 Skrue- og bolteforbindelser . . . . .	36

Sist oppdatert 11. juni 2015

# 1. Innledning – sammenføyningsmetode

## 1.1 Hva er sammenføyning

Begrepet sammenføyning er et felles uttrykk for alle måter å sammenføye to materialer på, og alle metoder som føyer noe sammen inngår i gruppen under sammenføyning. Det kan være å sveise, lime, lodde, nagle eller skruer noe sammen.

## 1.2 Utvikling av sammenføyningsmetoder

Sveising er en metode fra ca. år 1900, som har vært i utvikling frem til i dag. Stålmateriale har vært sveiset siden gammel tid. Også ulike andre metaller kan sammenføyes, og de senere år har også plasticsveising blitt en høyaktuell sammenføyningsmetode. Nagling og skruing er også gamle kjente metoder. Også her har det vært en jevn utvikling opp gjennom årene. Liming er også brukt i fra gammel tid, men har i siste del av 1900-tallet og frem til i dag, hatt en enorm utvikling.



# 2. Sveising

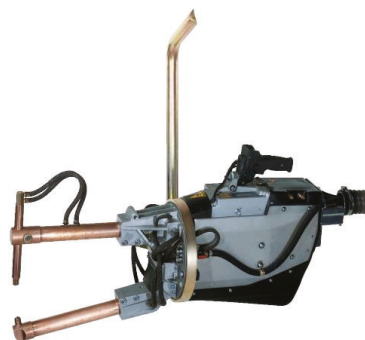
Sveising inndeles i to hovedgrupper: Smeltesveising og pressveising.

Det karakteristiske for smeltesveisingen er at metallene bringes til å smelte – dvs. blir flytende. Sveiseforbindelsen dannes ved den etterfølgende størkningen.

Ved pressveising derimot, oppnås ikke metallens smeltetemperatur, men temperaturen er så høy at fugeflatene blir plastisk – dvs. myke.

Fugeflatene legges mot hverandre. Når de siden presses sammen under oppvarming, oppstår rekrySTALLISERING. RekrySTALLISERING innebærer at det dannes nye krystaller i metallene. Krystallene vokser sammen over fugen og danner sveiseforbindelsen.

Buesveising er én form for smeltesveising. Varmen frembringes av den elektriske lysbuen der temperaturen går opp til mellom 5000 og 15.000 °C, avhengig av hvilken buesveisemetode som anvendes.



## 2.1 Smeltesveising

### 2.1.1 Metallbuesveising

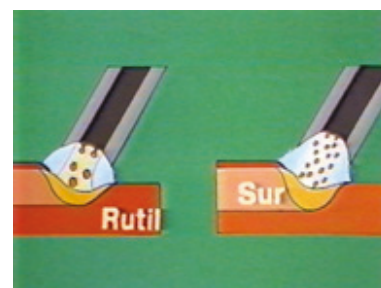
Man deler buesveising inn i to hovedtyper: Metallbuesveising og gassbuesveising. Hovedtypene deles igjen opp i flere sveisemetoder.

#### Manuell buesveising

Ofte omtalt som «elektrisk sveising».

Karakteristisk for manuell buesveising er at man for hånd fører en elektrode. Elektroden er oppbygget av en kjernetråd, som er belagt med dekke.

Kjernetråden har to funksjoner. Dels leder den sveisestrømmen, dels leverer den sveisegods, eller sveiseavsett til fugen.

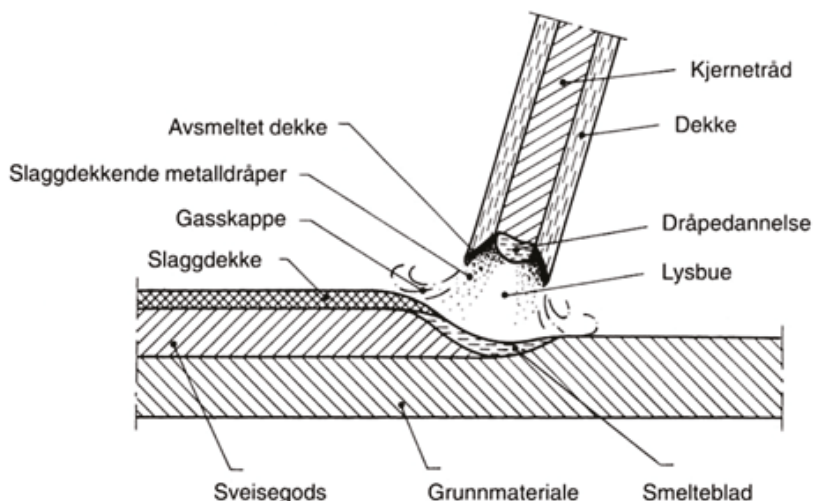


Elektrodedekketts viktigste oppgave er å beskytte metalldråpene og smeltebadet fra luftens skadelige innvirkning. Det dannes slag, som omslutter metalldråpene under transporten i lysbuen og dekker smeltebadet.

Elektrodedekket utvikler også gassbeskyttelse. Derved hindres luftens oksygen og nitrogen å reagere kjemisk med sveisegodset slik at fasthetsegenskapene reduseres.

Dekket har også til oppgave å skape en stabil lysbue, som letter sveisearbeidet. Manuell metallbuesveising er den vanligste sveisemetoden.

Den anvendes ved sveising av stål, støpejern og de fleste ikke-jernmetaller.



I lysbuen spaltes vannet på grunn av den intense varme, og hydrogen – med betegnelsen H – og oksygen – med betegnelsen O – frigjøres. Hydrogen løses i smeltebadet, og en viss mengde trenger inn i den overopphetede sonen når sveisen størkner. Dette bidrar til å øke spenningstilstanden i sveiseforbindelsen. Oksygen derimot danner meget små slagpartikler i sveisen. Ved å holde rust og fuktighet borte fra grunnmaterialet, kan man minske tilførselen av hydrogen. Basisk tilsatsmateriale minsker også hydrogentilførselen.

### Elektrodens oppbygging

Sveiseelektroden består av to deler: Kjernetråden og dekket.

Ulike typer elektroder kan ha forskjellig kjernetråd. Den kan bestå av ulegert stål, lavlegert stål, høylegert stål eller ikke-jernmetaller. Det er kjernetrådets diameter og ikke dekkets diameter som bestemmer elektrodens dimensjon. De ulike elektrodedimensjonene ligger innen området 1,6 til 6,0 mm.



Ulegert stål leder strømmen best, mens høylegert stål leder strømmen dårligst. Det er derfor man tilvirker elektroder i forskjellige lengder, og det er derfor de rustfrie elektrodene med høylegert kjernetråd alltid er korte. De må være korte fordi de ikke tåler strømmen under lengre tid.

Anvender du for høy strømstyrke, får du en påminnelse om dette ved at elektrodestumpen blir sterkt rødfarget. Elektrodens ene ende kalles festet eller tangenden. Den andre enden kalles spiss eller tennenden. Oftest finnes et grafitt- eller metallbelegg på spissen. Dette letter tenningen.

I elektrodens dekke blander man inn ulike mineraler og legeringselementer. Det er disse legeringselementer som gir sveisegodset de ønskede egenskaper. I visse tilfelle tilsettes også jernpulver. Som bindemiddel brukes vannglass. De forskjellige dekketyper gir elektroden forskjellige sveiseegenskaper og sveisegods som resultat etter sveisingen. Dekket har forskjellige funksjoner.

Det skal gi sveisegodset de ønskede egenskaper med hensyn til holdfasthet, korrosjon, hardhet osv.

Slaggdannelsen gir også strengen den ønskede form og overflate. Dessuten skal dekket danne et krater for å rette lysbuen og materialtransporten. Materialtransporten skjer i form av dråper som kan være varierende i størrelse for ulike elektrodetyper. Dekket utvikler en beskyttelsesgass – for eksempel karbondioksid – og beskytter derved smeltebadet og metalldråpene mot luftens skadelige innvirkning. Dekket danner dessuten slagg, som omslutter metalldråpene i lysbuen og beskytter smeltebadet. Deoksidasjonsmiddel finnes også i dekket for å forhindre oksidasjon.

Bindemiddelet vannglass brukes for å bedre strømovergangen i lysbuen og på dette vis opprettholde lysbuen. Dette skjer ved hjelp av små elektrisk ladede partikler.

### Elektrodetyper og deres funksjoner

Det finnes to hovedtyper elektroder: Normalutbytte- og høyutbytteelektroder.

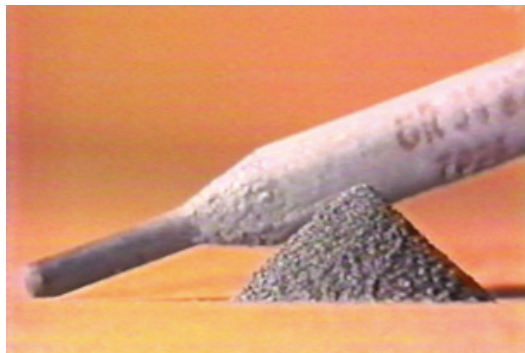
#### Høyutbytte elektroder

Dekket hos høyutbytteelektroden inneholder store mengder jernpulver, mens dekket hos normalutbytteelektroden inneholder bare en mindre mengde, eller intet jernpulver overhodet. Utbyttet er lik vekten av det tilsett materiale som finnes i den ferdige sveisen – en del går bort i form av sprut og avbrann – dividert med vekten av nedsmeltet kjernetråd, multiplisert med 100 for at vi skal få resultatet i prosent.

$$\% \text{ utbytte} = \frac{\text{Tilsett materialet} - i - \text{sveisen}}{\text{Nedsmeltet} - \text{kjernetråd}} \cdot 100$$

Utbyttet ved sveising med høyutbytteelektroder er større enn 130 %. Altså er 130 % grensen mellom de to gruppene. Høyutbytte gir høy avsettytelse. Men de kan bare anvendes i horisontal stilling.

Det som i prinsipp skiller de ulike elektrodene er hvilke stoffer som inngår i dekket, dvs. dekkets sammensetning. Man inndeler derfor elektrodene med hensyn til dekkets sammensetning i gruppene basiske, rutile og sure elektroder.



#### *Basiske elektroder*

Karakteristisk for sveising med basiske elektroder er at de gir sveisegodset høy slagseighet, som dog varierer med temperaturen. Men slagseigheten er for basiske elektroder høy også ved lave temperaturer sammenlignet med andre elektroder. De gir dessuten gode egenskaper mht forlengelse. Basiske elektroder gir også lavt hydrogeninnhold i sveiseavsett, hvilket minsker faren for sprekkdannelse.

Materialtransporten skjer i form av store dråper. De store dråpene gjør at sveisingen blir mer «kald». Elektroden er derfor spesielt egnet til stillingssveising. Med stillingssveising menes all sveising som avviker fra horisontalplanet. Basiske elektroder er imidlertid meget fuktighetsømfintlige. Du beskytter dem mot fukt-opptak ved å oppbevare dem i spesielle, tørre beholdere, eller i varmeskap.

Den basiske høyutbytteelektroden gir mindre dråpestørrelse, og er derfor mer varmegående. Men den har for øvrig samme gode sveiseegenskaper som normalutbytteelektroden. Flytbarheten er bedre med basisk høyutbytteelektrode, og den gir en bedre strengprofil. For de basiske elektroder er det altså store forskjeller mellom høyutbytte- og normalutbytteelektroder.

#### *Rutile elektroder*

Karakteristikk for den rutile elektroden er at den er lett sveisbar i alle svei-  
sestillinger, dessuten lett å tenne og gjentenne. Rutile elektroder gir også jevne og regelmessige sveisestrenger. Sammenlignet med basisk er rutilelektroden mindre følsom for fuktighet, men sveisegodset blir ikke så seigt. Det høye hydrogeninnholdet for rutilelektroden bidrar til å øke faren for sprekker hvis den brukes på stål med høyere holdfasthet. Rutilelektroder gir noe mindre dråper enn basiske. De er derfor mer varmgående og flyter lettere. Rutilhøyutbytteelektroder gir høyere sveisehastighet uten å forandre sveisegodsets egenskaper.

#### *Sure elektroder*

Kjennetegnet for sure elektroder er at de er varmsveisende, og derfor mindre egnet for stillingssveising. Men de gir porøs slagg, som alltid er lett å fjerne. Strengen er jevn og regelmessig.

Den sure elektroden har den minste dråpestørrelsen. Det er denne egenskap som gjør den varmsveisende. I likhet med rutile er hydrogeninnholdet høyt for den sure elektroden, og dermed øker faren for sprekkdannelse. For øvrig er holdfasthetsegenskapene ganske like for de rutile og sure elektroder. I likhet med rutile er den sure elektroden også indre følsom for fuktighet enn den basiske.



Også den sure høytutbytteelektroden gir høy sveisehastighet uten å forandre sveisegodsets egenskaper.

### **Pulverbuesveising**

Ved pulverbuesveising, som er en maskinell form av metallbuesveising, mates elektroden sveisetråden frem kontinuerlig. Lysbuen er skjult under det tilførte sveisepulveret, som har samme funksjon som dekket på elektroden ved den manuelle metoden. Metalltråden leder også her sveisestrømmen.

Pulverbuesveising anvendes spesielt for sveising av stål, og produktiviteten er høy.

Anvendelsesområdet er brensel til sveising i horisontal stilling. Slaggløsningen går meget lett.



### **2.1.2 Gassbuesveising**

En annen form for smeltesveising er gassbuesveising. Man deler gassbuesveisingen inn i to hovedgrupper:

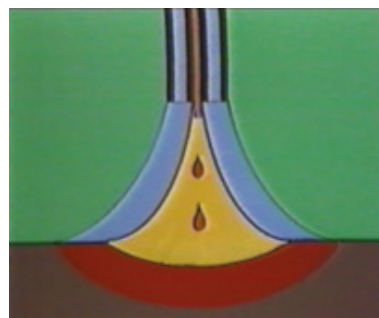
- Gassmetallbuesveising
- Gasswolframbuesveising

Felles for disse er at en eller flere gasser kontinuerlig tilføres rundt lysbuen.

### **Gassmetallbuesveising**

Gassmetallbuesveising omfatter to varianter: MIG-sveising og MAG-sveising.

Prinsippene for metodene er de samme. Forskjellen ligger i den gass som anvendes for å beskytte metalldråpene og smeltebadet. Tilsettmaterialet består av en kontinuerlig fremmatet metalltråd og beskyttelsesgass.



Ved MIG-sveising anvendes beskyttelsesgassen argon og/eller helium. Ved MAG-sveising brukes den billigere beskyttelsesgassen, karbondioksid, eller en blanding av argon og karbondioksid.

Ved MAG-sveising kan det også anvendes rørtråd i stedet for massiv metalltråd. Rørtråden inneholder metaller og slaggdannere i pulverform. En variant av rørtråd kan også sveises uten beskyttelsesgass.

MIG-sveising anvendes hovedsakelig ved sveising av aluminium og aluminiumslegeringer. For lettere å kunne kontrollere varmetilførselen ved MIG-sveising, anvender man av og til pulserende lysbue.

MAG-metodens største anvendelsesområde er tilvirkning av stålkonstruksjoner av tynne og mellomtykke plater. Både MIG og MAG-sveising anvendes av og til også for punktsveising.



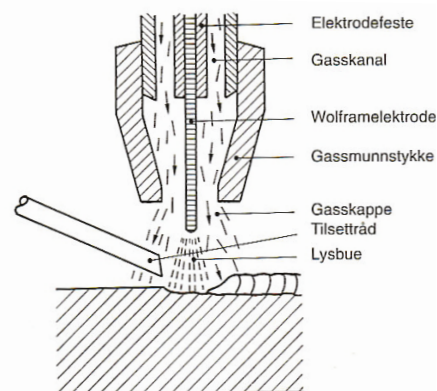
## Gasswolframbuesveising

Gasswolframbuesveising omfatter to metoder: TIG-sveising og plasmabuesveising.

Man anvender her en fast wolframelektrode. Elektroden har så høyt smeltepunkt at den ikke smelter under sveisingen.

### TIG-sveising

TIG-sveising skiller seg i prinsipp fra MIG-sveising ved at elektroden ikke smelter. Også her anvendes argon eller helium som beskyttelsesgass. Gassen beskytter både wolframelektroden og smeltebadet mot luftens skadelige innvirkning. Vil man anvende tilsettmateriale, må dette tilføres som ekstra tilsatstråd. TIG-sveising anvendes ved sveising av høylegert stål og ved ikke-jernmetaller. I blant anvendes TIG-metoden også til punktssveising.



### Plasmabuesveising

En videreutvikling av TIG-sveising er plasmabuesveising. Man anvender her to gasser. Innerst strømmer plasmagassen, som gjennom munnstykkets utforming bidrar til å konsentrere lysbuen til en tynn stråle og heve temperaturen. Utenfor plasmagassen strømmer en beskyttelsesgass. Ved plasmagassveising konsentreres altså varmetilførselen til et smalt område. Dette medfører at luften lett kan oksidere smelten. Derfor kreves ytterligere en gass som ekstra oksidasjonsbeskyttelse.



Plasmabuesveising anvendes ved skjøtsveising av rustfritt stål, men også ved påsveising av rustfritt stål på ulegerte eller lavlegerte grunnmaterialer.

### 2.1.3 Øvrige smeltesveisemetoder

#### Gassveising

Vi skal nå se nærmere på noen flere smeltesveisemetoder. Gassveising er en av disse. Varmen frembringes ved forbrenning av acetylen og oksygen. Temperaturen i gassflammen er betydelig lavere enn i den elektriske lysbuen og produktiviteten blir derfor lavere.

Arbeidsstykket oppvarmes i større omfang rundt fugen ved gassveising enn ved buesveising som igjen leder til økende deformasjoner. Man anvender gassveising fortrinnsvis ved rørinstallasjoner i varme- og sanitæranlegg. Det er lett å transportere utstyret. Gassveising egner seg brukbart for sveising av tynnplater, men har de senere 20 årene måttet vike plass for mer produktive metoder, for eksempel TIG-sveising.



Ved gassveising skiller en mellom sveisemetodene høyresveising (motsveising) og venstresveising (frasveising).

Ved høyresveising føres sveisebendet mot høyre. Metoden benytter vi når materialtykkelsen på det du skal sveise sammen er over 3 mm. Under selve sveisearbeidet kan du regulere varmemengden ved å variere vinkelen på bendet og ved hjelp av sveisetråden. Det kreves mye motorisk trening for å få til en sveiseforbindelse med god og jevn gjennombrenning.

I dag erstattes mye av den manuelle gassveisingen med halvautomater (MIG / MAG).

Ved venstresveising føres sveisebendet mot venstre. Metoden benyttes når en skal sveise sammen materialer som er under 3 mm. Her fører du sveisebendet slik at den peker fra selve sveisebadet. Både sveisetråden og sveisebendet føres mot venstre.

Sveisebendene er av helsmidd kobber og forkrommet for å avlede varme og hindre sveisesprut i å feste seg på sveisebendet.

Gassveising er en velkjent prosess som i nesten 100 år er benyttet til variert produksjon, og den har fortsatt følgende fordeler:

- Investeringskostnaden for utstyret er lavt
- Utstyret er enkelt å transportere og bruke
- Og arbeidsplassen har ikke behov for elektrisitet

Ulike metaller som kan sveises:

- Stål
- Støpejern
- Aluminium
- Kobber
- Messing
- M.fl.

Gassveising har en betydelig fordel ved sveising av rør, spesielt utendørs sveising av rør opp til 6 mm godstykkelse.

### **Elektroslagsveising**

Elektroslagsveising er en maskinell smeltesveisemetode. Den anvendes ved sveising av meget grove stålkonstruksjoner, oftest i ulegert eller lavlegert stål. Man kan sveise i godstykkelser opp til 500 mm.

Til forskjell fra pulverbuesveising utføres sveisingen i vertikal stilling, ofte med flere elektroder innkoplet samtidig. Sveisingen skjer i en eneste streng. Sveisevarmen utvikles i den smeltede slaggen, og noen lysbue finnes ikke. Slagg- og metallsmelten samt sveisepulveret holdes på plass av vannkjølte gli-desko på hver side av fugen.

En variant av elektroslagsveising er sveising med smeltende munnstykke, som i praktisk ordbruk kalles for styrerør.

### **Elektrogassveising**

En smeltesveisemetode som sterkt minner om elektroslagsveising, er elektrogassveising. Varmekilden består her av en MAG-lysbue, og den kontinuerlige elektroden er vanligvis en rørtråd. Metoden anvendes for relativt tynne platedimensjoner.

### Elektronstrålesveising

Elektronstrålesveising er en annen form for smeltesveising. Den finner sted i vakuum – dvs. i et nesten lufttomt kammer. Varmen frembringes ved hjelp av en elektronkanon, som skyter ut elektronene med meget høy hastighet. Når elektronene treffer arbeidsstykket, omsettes deres bevegelsesenergi til varme. Varmen konsentreres til en smal sone, også ved grove platedimensjoner, hvilket gjør at sveisehastigheten blir høy.

Sveising med elektronstråle anvendes ved serieproduksjon av mindre konstruksjonselementer av stål, lettoksiderbare metaller, og metaller med høyt smeltepunkt, for eksempel wolfram.

## 2.2 Pressveising

### 2.2.1 Punktsveising

Pressveising omfatter en mengde ulike metoder, hvorav punktsveising er en. Felles for de fleste pressesveisemetoder er at varmen frembringes når arbeidsstykkets to deler kommer i kontakt med hverandre, og sveisestrømmen flyter gjennom kontaktflatene. Sveiseforbindelsen består av en serie sveisepunkter og metoden egner seg vel for sveising av tynnplater.

### 2.2.2 Knastsveising

Knastsveising skiller seg fra punktsveising ved at flere sveisepunkter sveises samtidig. Arbeidsstykkets ene del forsynes før sveisingen med et antall forhøyede partier, vorter, sveises mellom plane elektroder. Metoden kan også anvendes for tynnplater.



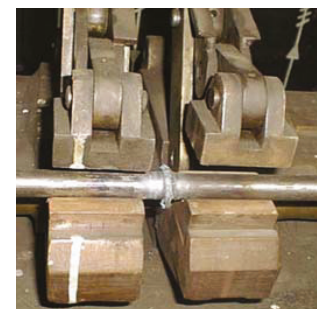
### 2.2.3 Sømsveising

En metode som er beslektet med punktsveising, er sømsveising. Sveisingen skjer her mellom elektroderuller, som mater frem arbeidsstykkene. Sveiseforbindelsen består av sveisepunkter som overlapper hverandre. Felles for punktsveising, knastsveising og sømsveising er at forbindelsen utføres med overlapp.



### 2.2.4 Brennsveising

En av de mest imponerende sveisemetodene er brennsveising. Metoden anvendes for grovt armeringsstål, grove stålstenger, skinner etc. Fugeflatene kan være ujevne før sveisingen, men de planeres under avbrenningen, straks før den egentlige sveising. Avbrenningen skjer ved at små lysbuer smelter ujevnhetene.



## 2.2.5 Stuksveising

Stuksveising er en annen pressveisemetode. Den anvendes vanligvis for skjøting av tråd. I dette tilfelle må fugeflatene være plane før sveisingen. Sveiseutstyret er meget enkelt.

## 2.2.6 Induksjonsveising

Induksjonsveising brukes for tilvirkning av små rør. Utgangsmaterialet er bånd, som formes i et formverk før sveising. Sveisehastigheten er meget høy.

## 2.2.7 Friksjonsveising

Ved skjøting av tråd, stenger og rør kan man i stedet for motstandsvarme anvende den varme som oppstår på grunn av friksjonen, når den ene fugeflaten bringes under trykk og samtidig roterer mot den andre fugeflaten.

## 2.3 Sveisestrømkilder

I hovedsak skiller vi mellom fem ulike sveisestrømkilder:

- Sveisetransformator
- Sveiselikeretter
- Konverter
- Sveisegeneratorer/omformer
- Dobbeltstrømskilde

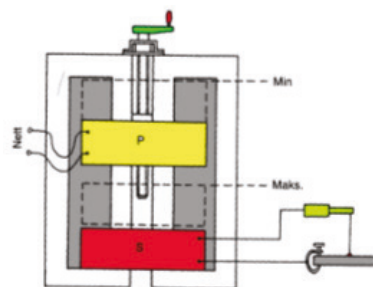
### 2.3.1 Sveisetransformator

Transformatoren er konstruert slik at den senker nettets vekselspanning til passende størrelse for sveising, og atskiller samtidig nettsiden fra sveisesiden. Dette innebærer at det ligger en vekselspanning over tilkoplingene for sveisekablene, og at den strøm som tas ut er vekselstrøm.

Fra nettet koples enfaset vekselspanning til primærsiden på sveisetransformatoren. Vekselstrømmen som transformatoren tilføres, vil i sin tur frembringe et vekslende magnetfelt i jernkjernen. Sekundærsiden har mindre antall vindinger, og grovere tråd enn primærsiden. Dette innebærer at vi her, ved hjelp av begrensningene i antall vindinger, får en lavere vekselspanning og en høyere strømstyrke.

Normalt anvender man trinnløs strøminnstilling. Dette kan gjøres ved hjelp av en bevegelig kjerne i transformatoren. Strømmen endres ved å flytte transformator-kjernen. Når kjernen er i den nedre stilling får man minimumstrøm, og i den øvre stilling maksimumstrøm.

Strømstyrken kan også reguleres ved hjelp av en fjerninnstilling. Dette kan skje enten ved en separat kabel, eller direkte gjennom sveisekabelen med en styrestav. Man øker eller senker sveisestrømmen avhengig av om man vender pluss- eller minustegnet mot arbeidsstykket.



### 2.3.2 Sveiselikeretter

Sveisegeneratoren/sveiseomformerer frembrakte sin likestrøm ved hjelp av en elektrisk motor, eller en forbrenningsmotor koplet til den samme aksel som generatoren. Sveiselikeretteren derimot har ingen bevegelige deler, fordi likestrømmen frembringes ved hjelp av en likeretterbro.

Sveiselikeretteren består av en transformator som koples til trefasenettet, og som reduserer spenningen. Den lavere vekselspenning som da fås, endres til pulserende likespenning i likeretterkretsen. Kurvens bølgedaler snus med andre ord oppover. På de fleste sveiselikerettere har man montert en såkalt induktor, som har som oppgave å glatte den pulserende likestrømmen og bidra til å gi en rolig og stabil lysbue.

På nyere sveisemaskiner er likeretterkretsen blitt erstattet av en tyristorokopling. Fjerninnstillingen skjer via separat kabel.

I større verksteder med mange sveisesteder, og hvor ikke alle sveiserne har lysbuen tent samtidig, dvs. ved en lav buetidsfaktor, kan man anvende et flermanns sveiseutstyr. Som strømkilde anvendes da en kraftig dimensjonert sveiselikeretter, som holder konstant spenning og leverer strøm til de forskjellige arbeidsplassene. Sveiseren innstiller da selv den sveisestrøm han ønsker ved hjelp av en motstand. Med et slikt utstyr får man en relativ lav investeringskostnad pr. sveiseplass. Sveisestrømmen stilles inn trinnsvis. Samtlige sveisere må anvende samme polaritet – dvs. alltid kople samme pol til arbeidsstykket.



### 2.3.3 Konverter

Den tredje type av strømkilder er konverteren. Selve omformerenheten skaper en vekselspenning av betydelig høyere frekvens og lavere spenning enn nettets. Derved kan de øvrige komponenter i aggregatet, for eksempel transformatoren og induktoren, reduseres betydelig i volum og vekt og blir derfor i mange tilfeller benyttet istedenfor konvensjonelle transformatorer og likerettere.

### 2.3.4 Sveisegenerator/omformer

Sveisegenerator/sveiseomformer er en annen type sveisestrømkilde. Den drives som regel av en elektrisk motor eller en forbrenningsmotor. Generatoren er koplet til samme aksel som motoren, og frembringer likestrøm, som er mindre farlig enn vekselstrøm.

Den elektriske motoren i aggregatet tilknyttes trefaset vekselspenning. Trefasemotorens bryter har tre stillinger. Før man slår på for fullt, må man hvile i mellomstillingen til motoren har gått opp i fullt omdreiningstill.

Strøminnstillingen kan skje med vridemotstand på strømkilden. Man kan også stille inn strømmen med fjernstiller og separat kabel.

Sveiseomformeren er en lite brukt sveisemaskin. Sveisegeneratoren har den fordel at den ikke er avhengig av tilgjengelig strøm.

### 2.3.5 Dobbelstrømskilde

Dette er en kombinert strømkilde som leverer både vekselstrøm og likestrøm. Med en bryter kan man velge hvilken strømtype man ønsker. Mye brukt i apparater for TIG-sveising, når man har behov for å kunne sveise både stål og aluminiumslegeringer.

## 2.4 Utstyr på sveiestedet

For å beskytte sveisestrømkilden mot smuss og støv, skal man blåse den ren med jevne mellomrom. Når den ikke anvendes, skal den dekket over. Men glem ikke å ta bort beskyttelsen av strømkilden igjen før arbeidet gjenopptas!

Sveisekabelen og returkabelen skal være godkjent av myndighetene. Kontroller i forskriftene hvilken dimensjon kablene skal ha. Dimensjonen velges på grunnlag av den sveisestrøm som skal anvendes.

En sveisekabel er bygget opp av en rekke koppertråder eller aluminiumtråder, som er omsluttet av et isolerende materiale. Anvender vi lange sveise- og returkabler blir den elektriske motstanden betydelig. Derved oppstår varmetap, men også et stort spenningsfall, som kan begrense strømmen. For å redusere spenningsfallet ved lange sveisekabler, kan vi velge en kabel med overdimensjonert tverrsnitt. Den skjøtes til en mindre sveisekabel, som har et tverrsnitt tilpasset sveisestrømmen, de siste meterne frem til elektrodeholderen.

En kabelkopling må gi god kontakt for ikke å forårsake unødige varmetap. Den skal dessuten være isolert. Elektrodeholderen må være helisolert og tilpasset strømstyrken, samt elektrodediameteren.

De vanligste tilbakelederkontakter er forsynt med enten klemmer, ved lave strømstyrker, eller skrutvinge ved høye strømstyrker. Man må sørge for god kontakt ved hjelp av et høyt kontaktpress.

Før du tilslutter en sveisekabel skal du kontrollere at den ikke er skadet, for eksempel ved mekanisk påvirkning. Tverrsnittet kan derved være redusert, hvilket gir dårlig ledningsevne med derav følgende brannfare.

Det øvrige utstyret, som alltid er nødvendig for sveiseren, er slagghakke eller slagmeisel og en stålbørste for etterpussing.



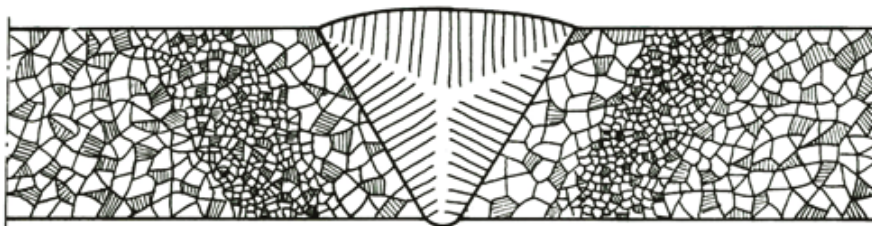
Lysbuen gir et kraftig lysskinn som kan skade øynene. Derfor er det viktig at øynene er ordentlig beskyttet av en sveisemaske med farget beskyttelsesglass.

Men lysbuen er også årsak til sterk varmeutvikling og ultrafiolett stråling, som hurtig brenner huden. Man må derfor også beskytte seg med hensiktsmessige arbeidsklær.

Hansker beskytter godt mot sveisesprut.

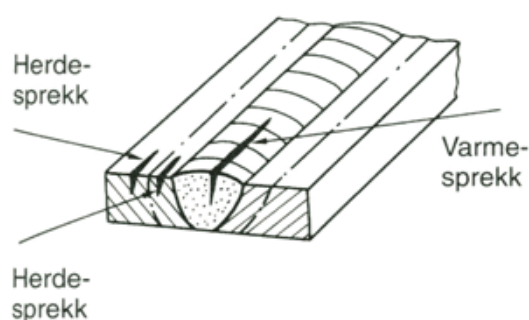


## 2.5 Sveiseforbindelsen



En sveiseforbindelse består av selve grunnmaterialet, og av sveisen. Den del av grunnmaterialet som ligger nærmest sveisen, kalles for den varmepåvirkede sone (HAZ). På grunn av den høye temperaturen som forekommer der, endrer grunnmaterialet struktur, det blir bl.a. grovkornet.

I et mikroskop kan man skille ut forskjellige strukturer. Grunnmaterialet tar herding i varierende grad, avhengig av dets kjemiske sammensetning, og hvor hurtig avkjølingen foregår. Materialet blir etter herdingen hardt og sprekømfintlig. De spenninger som oppstår i sveisen når denne avkjøles og krymper, kan forårsake sprekker. Fuktighet – dvs. små vandrdåper med kjemisk betegnelse  $H_2O$  – finnes alltid i luften, på metallflatene og tilsatsmaterialet når man sveiser.



Hvis man sveiser med forhøyet arbeidstemperatur, reduseres risikoen for herding i den overopphetede sone, og tilbøyeligheten til sprekke dannelse blir mindre.

Oppvarmingen gjør det også lettere for hydrogen å forsvinne fra sveiseforbindelsen, fordi hydrogen blir mer lettbevegelig i stålet jo høyere temperaturen er.



Sprekker som skyldes hydrogen, kalles hydrogensprekker, eller smeltegrensesprekker. De ligger i grunnmaterialet meget nær smeltegrensen til selve sveisen. En annen type sprekker som kan oppstå ved sveising er utrivninger i grunnmaterialet nær sveisen. Dette skyldes grunnmaterialets dårlige holdfasthetsegenskaper i tykkelsesretningen.

Hvis det finnes mulighet for slike sprekker i et grunnmateriale, skal fugeflatene påsveises på forhånd. Det skjer ved at man legger et sveisesjikt med egnet sammensetning i forhold til grunnmaterialet, før den endelige sveising skjer. Man får da en forbindelse uten sprekker.

### 2.6 Varmebehandling

Normalt snakker man om tre forskjellige metoder for varmebehandling etter endt sveising: Avspenningsgløding, normalisering og austenittgløding.

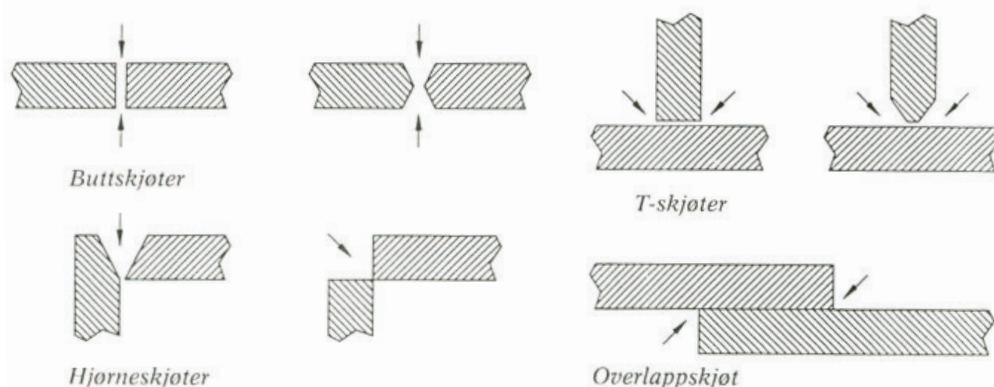
Vanligvis betyr avspenningsgløding at konstruksjonen varmes opp i en ovn, eller ved hjelp av varmeelementer til mellom 500 og 650 °C. Etter noen timer må konstruksjonen avkjøles langsomt, for eksempel i ovnen. Opplysning om hvorledes konstruksjonen skal varmebehandles, finnes i faglitteraturen. Man bruker avspenningsgløding, fortrinnsvis for å minske krympespenningene i sveiseforbindelsene.

Ved normalisering økes temperaturen i ovnen til 900 °C. Hvis arbeidsstykket settes inn i en varm ovn, er tommelregelen at det skal ligge inne i to minutter for hver mm tykkelse av godset. Vanligvis lar man arbeidsstykket så avkjøles i luft.

Normalisering brukes for å tilbakeføre grunnmaterialets egenskaper etter endt sveising. Dette betyr at strukturen i sveiseforbindelsene blir finkornet.

Austenittgløding brukes for høylegert stål. For ferrittiske stål skal temperaturen være 850 °C, og for austenittiske 1050 °C. Deretter bråkjøler man arbeidsstykket. Austenittgløding brukes for å få tilbake grunnmaterialets holdfasthets- og korrosjonsegenskaper etter endt sveising.

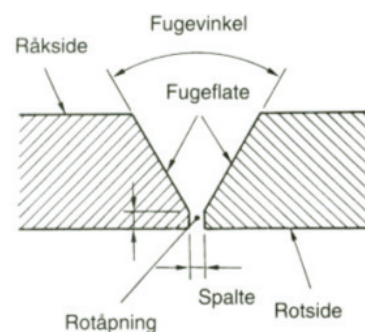
### 2.7 Sveiseforbindelser



Når det gjelder buttforsbindinger, anvender du som tidligere nevnt I-fuger for platetykkelser mellom 1,5 og 4,0 mm. Anta at platetykkelsen er 4 mm. Da skal den såkalte rotåpning – dvs. avstanden mellom platene – være minst 2 mm, eller noe over. Sveisingen skal om mulig skje fra begge sider. For å oppnå bedre inntrenging fra den andre siden, velger du den nærmeste større dimensjon på

elektroden enn på første side. I oppgaveheftet finner du en tabell over hensiktsmessig elektrodevalg for I-fuger. Hvis platetykkelsen er 2 mm eller mindre, bør du sveise i horisontal stilling.

Ved en V-fuge sveises også, om mulig, fra både råsiden og fra rotsiden. En del arbeidsstykker går det imidlertid ikke an å sveise fra rotsiden, for eksempel mindre trykkbeholdere og mindre rør. Når du skal ettersveise rotsiden i en V-fuge må du først meisle bort eventuelle gjennomslag og rotfeil. Dette skjer vanligvis med meisling eller sliping. Man anvender enten kullbuemeisling eller meisling med spesielle furebrenneelettroder.



Hvis du skal sveise en V-fuge fra en side – råsiden – må du være meget nøyaktig, fremfor alt med rotkanten. Når du siden setter sammen arbeidsstykkene er det viktig at rotåpningen holder riktig mål. Fluktavviket må heller ikke være for stort.

Tross alle forberedelser som gjøres ved fugetildanningen når man skal sveise V-fugen kun fra råsiden, kan sveisingen bare utføres av en erfaren sveiser. Man stiller alltid spesielle krav til V-fugen ved sveising fra bare en side.

Ved platetykkelser mellom 8 og 15 mm skal rotkanten være 0 til 1,5 mm, og rotåpningen 2,5 til 3,0 mm. Ved platetykkelser mellom 15 og 25 mm skal rotkanten være mellom 0 og 1,5 mm og rotåpningen mellom 3,0 og 3,5 mm.

Du bør helst sveise en V-fuge fra begge sider. Derved blir fugetildanningen enklere og billigere. Du behøver ikke være så nøyaktig med tilpasningen, dessuten kan du sveise hurtigere, på tross av at du må sveise fra begge sider.

Når du sveiser rotstrengen i en V-fuge, anvender du forskjellige dimensjoner på elektroden, avhengig av om du sveiser bare fra den ene siden eller fra begge. Ved sveising bare fra den ene siden anvendes vanligvis elektrodedimensjonene 2,0 eller 2,5 mm, ved sveising fra to sider 3,25 eller 4,0 mm. Ved å anvende en mindre elektrode når du sveiser rotstrengen fra en side, oppnår du lettere en passende stor rotvulst og unngår å brenne hull, dvs. at smeltebadet renner igjennom.

Når du legger de øvrige strengene i en V-fuge i horisontal stilling, kan du fristes til å bruke en altfor stor dimensjon på elektroden for å kunne øke sveisehastigheten. Bruk derfor aldri en større dimensjon enn at man kan få god forbindelse til den underliggende strengen.

Hvis du sveiser i en X-fuge der platen har en tykkelse fra 15 til 25 mm, skal rotåpningen være 3,5 til 4,0 mm. Noen rotkant brukes ikke. Er platetykkelsen mellom 25 og 50 mm, skal rotåpningen være 4,0 til 4,5 mm. Her brukes heller ikke noen rotkant. Når du sveiser en X-fuge skal du om mulig sveise vekselvis på begge sider. Før du legger den første strengen på baksiden skal du først meisle. Du bruker en vekselvis strengrekkefølge for å få mindre deformasjoner.

### Sveising av plast

Sveising er en sammenføyingsmetode der grunnmaterialet blir smeltet i sammenføyingsflatene. For at vi skal kunne sveise et materiale, må vi derfor kunne smelte det. Termoplastene kan sveises, mens herdeplastene ikke kan sveises. I prinsippet kan alle termoplaster sveises. Men molekylstørrelsen og molekylstrukturen til materialet avgjør hvor lett det lår seg gjøre i praksis. Når vi sveiser, varmer vi materialet opp til smeltetemperatur eller til termoplastisk tilstand. Dette er et generelt vilkår for sveising av alle materialer.



Men det er to materialegenskaper ved termoplast som gjør plastsveising forskjellig fra metallsveising.

- På grunn av de lange, trådformede molekylene er plasten seigtflytende i smeltet tilstand.
- Fordi plasten har dårlig varmeledningsevne, smelter vi vbare et tynt overflatesjikt, både på grunnmaterialet og sveisetråden.

På grunn av disse to egenskapene bruker vi et visst trykk når vi sveiser termoplast. Dette gjør vi for å få de trådformede molekylene i grensesjiktet til å «filtrere seg sammen». For å få en god sammenfiltrering må materialet ha omtrent samme viskositet. I praksis vil det si at de delene vi vil sveise sammen, må være av samme typen. Men det finnes mange varianter av det samme materialet. Vi har derfor ingen garanti for å få en god sveis selv om delene vi sveiser sammen, begge er av f.eks. PE. For å være sikret en god sveis må materialet ha omtrent samme molekylvekt (smelteindeks, viskositet). Det gjelder selvsagt både grunnmaterialet og sveisetråden.

Vi har disse parametrene ved termoplastsveising:

- Temperatur. Med den gir vi materialet den gunstigste viskositeten.
- Trykk. Med trykket filtrerer vi molekylene sammen i grensesjiktet.
- Tid. På grunn av at plast leder varme dårlig, størkner materialet sent. Vi må derfor holde sveisetrykket en tid.

Den generelle fremgangsmåten ved sveising er:

- forberede sveisefugen i henhold til den sveisemetoden vi skal benytte
- rengjøre sveiseflatenevarme sveiseflatene til sveisetemperatur (egentlig gi materialet rett viskositet)
- presse delene sammen
- kjøle mens vi holder trykket

## 3. Lodding

Ved lodding smeltes ikke grunnmaterialet, bare tilsettmaterialiet. Men varmen fra prosessen er høy nok til å gi endringer i grunnmaterialets varmepåvirkede sone.

Vi deler inn i to områder:

- hardlodding (temperatur over 450 °C)
- myklodding (temperatur under 450 °C)

### 3.1 Hardlodding

Hardlodding gjøres med en aluminiumlegering som tilsettmaterialie, mest med en AlSi-legering. Denne legeringen smelter på en temperatur som er for høy for aluminiumlegeringer i 2000- og 7000-serien, slik at de vil kunne smelte opp.

Fastheten ligger på 110–180 N/mm<sup>2</sup>.

Arbeidstemperaturen ligger i området 550–610 °C. Det betyr at temperaturen vil forårsake mykgløding av både kald- og varmutherdede legeringer, og deformasjonsherdet aluminium. Deler som utherdet på nytt etter loddingen, vil få tilbake sin fasthet.

Det må benyttes flussmiddel for å løse oksidbelegget slik at atom-atom kontakten blir god, fordi loddematerialet skal overføre kraften mellom delene som skal loddet sammen.

Hardlodding benyttes ved sammenføyning når godstykkelsen er liten, når materialene ikke kan sveises sammen, når store flater skal forbindes eller detaljene har en komplisert form.

Det finnes en rekke standardiserte legeringer i loddemateriale som benyttes.

### 3.2 Myklodding

Tilsettmaterialiet ved myklodding består ofte av legeringer der tinn og bly inngår. Fastheten i forbindelsen ligger på 60–100 N/mm<sup>2</sup>.

Arbeidstemperaturen ligger på 200–300 °C. Det blir derfor mindre varmepåvirkning enn ved hardlodding, men temperaturen er høy nok til å gi en fasthetsreduksjon i varm- og kaldutherdede legeringer.

Det må, som ved hardlodding, benyttes flussmiddel for å løse oksidbelegget før lodding.

Lodding, myk- og hardlodding, er en sammenføyingsmetode hvor loddet, tilsettsmaterialiet, smeltes og binder sammen materialene ved hjelp av adhesjon. Loddet har lavere smeltetemperatur enn materialene som skal sammenføyas. Myk eller bløtlodding er benevnelsen på prosessen dersom det benyttes tinn eller tinnbasis som lodd. Smeltetemperaturen er da under 450 °C.



Hardlodding er benevnelsen dersom loddet smelter i området 0–1100 °C. Nødvendig utstyr er et sveise- eller loddebend, som finnes i aktuelle produktkataloger.

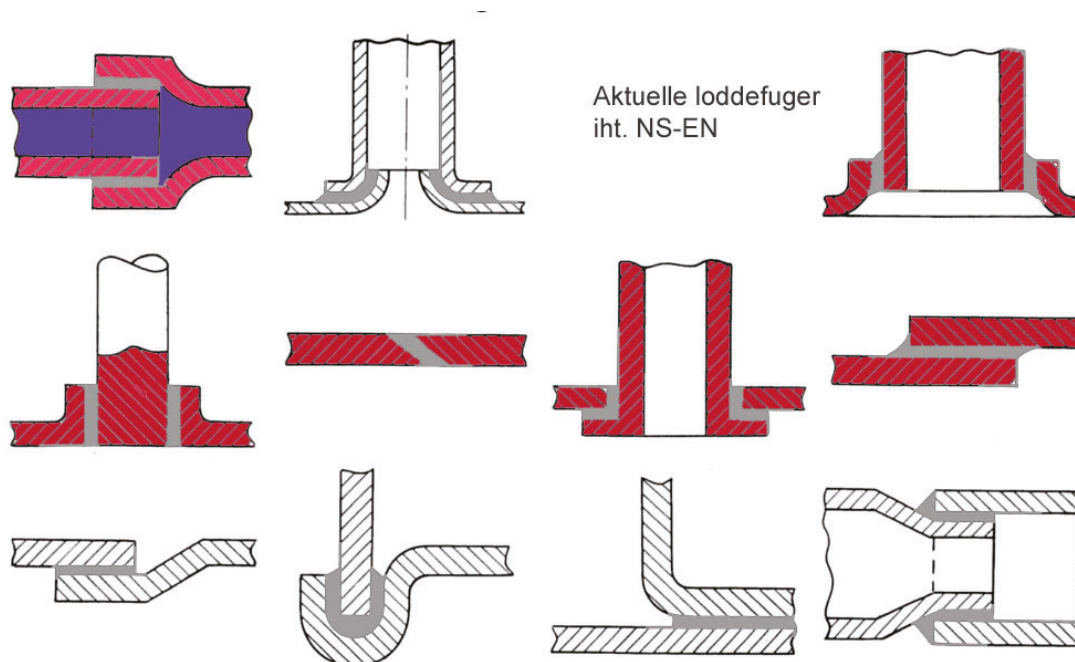
Ordet loddetinn, som de fleste har hørt nevnt, er en legering mellom tinn og bly. Noen ganger også tilsatt sølv og flussmiddel. Ser vi i utgangspunktet på metallene tinn og bly, har rent bly i seg selv en smeltetemperatur på 327 °C. Rent tinn har en smeltetemperatur på 232 °C.

Sammensettingen mellom tinn og bly endrer disse temperaturgrensene, og vi får følgende smeltetemperatur.

Tinn	Bly	AG (Sølv)	Smeltetemperatur	Pastaområde
62 %	36 %	2 %	175–189 °C	
96 %		4 %	221 °C	Eutetic
50 %	50 %		216 °C	183–216 °C
60 %	40 %		191 °C	183–191 °C
63 %	37 %		183 °C	Eutectic

Hardlodding kan deles inn i lodding med kapillarvirkning og sveiselodding med større fuger.

### 3.3 Loddefuger

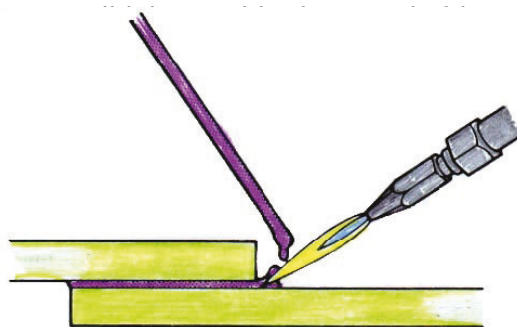


I aktuelle standarder finner dere oversikten som viser utforming av loddefuger. Utformingen av loddefugene er avgjørende for hvor godt lodderesultatet skal bli.

Det som skjer når vi lodder er at arbeidsstykket varmes opp til aktuell temperatur, en tilsetter da loddemetallet, som har en lavere smeltepunkt enn det materialet som skal loddet. Dersom alle fugeåpninger er rette vil kapilarkraften trekke loddemetallet inn i loddefugene.

For å få et godt resultat er det viktig at grunnmaterialet varmes opp til rett temperatur, slik at loddemetallet fester seg til grunnmaterialet.

Selve prinsippet går ut på å sammenføre materiale som binder grunnmateriale sammen. Loddematerialet har lavere smeltetemperatur enn metallene som loddet sammen, og en oppnår blant annet fordelen med mindre varmekrymping i delene som sammenføres. En loddet forbindelse blir svært stiv og sterk, da den baserer seg på at loddematerialet får betydelig større overflate i sammenføringen enn en tilsvarende sveise-forbindelse. Det er det samme som en utnytter når en sammenfører plater og deler ved hjelp av limteknikk.



Metodene har enda en egenskap felles, nemlig at forbindelsen samtidig forsegles, slik at fuktighet ikke kommer innimellom og setter i gang et korrosjonsangrep.

En forutsetning for alle loddeforbindelser er at kontaktflatene gjøres grundig rene og påføres et flussmiddel.

*Lodde metodene deles inn etter smeltetemperaturen til loddematerialet som benyttes.*

Bløtlodding – med smeltetemperatur opp til 450 °C.

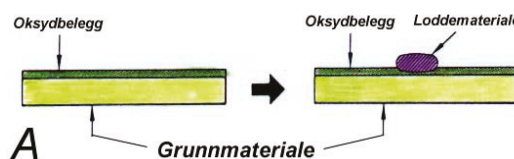
Hardlodding – med smeltetemperatur fra 450 °C til ca 1100 °C (sveiselodding med temperatur fra ca 1000 °C).

*Loddeprinsippet.*

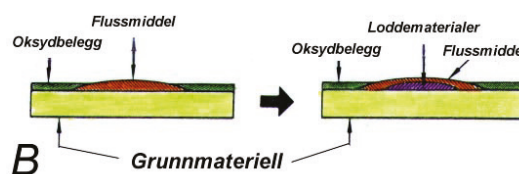
Til oppvarming benytter man en varmekilde, som ganske raskt får grunnmaterialet og loddematerialet opp i riktig temperatur.

### 3.4 Flussmiddelet

Selv om overflatene som skal sammenføres er pusset og «metallisk rene», må en påføre et flussmiddel for å bryte ned overflatespenninger og oksidlag som redannes. I figuren ser du i del A hvordan resultatet blir med en rengjort plate, uten at det påføres flussmiddel. Loddematerialet vil ikke få riktig kontakt med grunnmaterialet og bli liggende som «flytende perler» oppå, uten å få vedheft.



I figur B ser du at situasjonen blir annerledes når det påføres et flussmiddel (og det av riktig type) på en rengjort plate, før loddematerialet påføres. Overflatespenningene oppheves, slik at loddematerialet flyter ut på metalloverflaten.



Som nevnt må flussmiddelet være avstemt til type av grunnmateriale som skal loddet. Flussmiddelet finnes som belegg utenpå eller innvendig i selve loddematerialet.

Alternativt kan flussmiddelet være et separat pulver eller en pasta, som en påfører grunnmaterialet sammen med loddematerialet.

Oppsettet nedenfor viser anbefalte kombinasjoner.

Grunnmateriale	Flussmiddel
Aluminium	Stearin
Messing	Sinkklorid eller harpiks
Kobber	Sinkklorid, ammoniumklorid, harpiks
Forsinket stålplate (galvanisert)	Fortynnet saltsyre
Bly	Talg, harpiks, stearin
Rustfritt stål	Fosforsyre + sinkklorid
Sink	Sinkklorid eller saltsyre
Jern	Sinkklorid eller ammoniumklorid.

Loddematerialene deles inn i grupper etter smeltetemperaturen til loddematerialet:

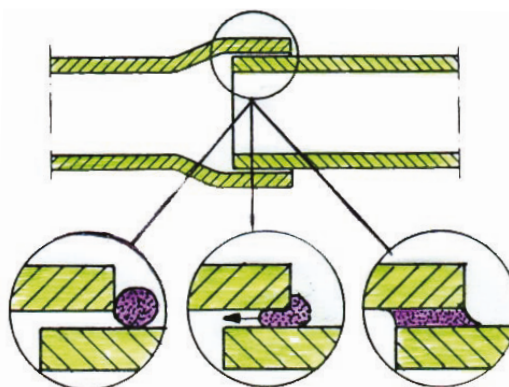
Loddemateriale	Smeltetemperatur
Spesialloddemateriale for elkomponenter	100–183 °C
Bly/ tinn (loddetinn)	183–328 °C
Lettmetall loddematerialer	500–600 °C
Sølv loddematerialer	600–830 °C
Messing loddematerialer	800–1000 °C
Kobber loddemateriale	800–1100 °C

Styrken til loddeforbindelsen vil være avhengig av flere faktorer:

- Strekkfastheten til selve loddematerialet
- Overflaten i loddeforbindelsen
- Utførelsen av loddeforbindelsen (hvor godt den er utført)

### 3.4.1 Kapilarvirkningen

Når en sammenføyer overlappning av plater og rørforbindelser, utnyttes sugeseffekten som oppstår i trange spalter når overflatespenningene nøytraliseres ved hjelp av flussmiddelet. Når arbeidsstykket oppnår loddematerialets smeltepunkt, vil kapilarkraften medføre at loddematerialet flyter inn gjennom hele sammenføyningen. Ved rørforbindelser også rundt hele rørets omkrets.



### 3.5 Bruksområder

Bløtlodding benyttes til lodding av tynne plater og rør av stål, messing, kobber, sink, aluminium, bly og elektriske kabelsko.

Loddematerialet ved bløtlodding er som regel en 50 % /50 % blanding av bly (Pb) og tinn (Sn), som en i dagligtale kaller loddetinn. Smeltetemperaturen varierer med blandingen fra 183 °C til 328 °C. Det finnes også spesielt loddematerialer som benyttes i elektroniske komponenter som har smeltetemperatur på ca. 100 °C.

De andre loddematerialene kommer i gruppen hardlodding som også blir kalt sveiselodding når det benyttes temperaturer over 1000 °C.

Loddematerialer av lettmetall benyttes til lodding av lettmetaller og mest aluminium. Loddematerialet består av ca. 80 % aluminium med tilsetninger av kobber, sink, silisium, magnesium og mangan. Smeltetemperaturen er noe lavere enn for ren aluminium, men det trengs en god del trening for å finne riktig temperatur.

Sølvlodd har den egenskap at det gir loddematerialet lavere smeltepunkt, «stor» strekkfasthet og gode flyteegenskaper. Loddematerialer med sølvtilsetning benyttes på de fleste tungmetallene. Bestanddelen av sølv varierer etter hvilke materialer som skal sammenføyes, noe som er en viktig ting å merke seg.

Eksempelvis skal en ved lodding av kobberrør benytte sølvtilsetning 10–15 % når en sammenføyer kobberrør med kobberrør. Hvis sammenføyningen er kobberrør mot en flens av stål eller messing, skal loddematerialet ha en sølvtilsetning på 30–40 %.

*NB!* Ved lodding av forbindelser som fører drikkevann og næringsmiddelprodukter skal det ikke benyttes tilsetningsmaterialer som inneholder bly.

Lodding av kobberrør med induksjonsvarme: Loddeapparat basert på varme fra elektrisk induksjon er effektive og varmer ikke opp omgivelsene så mye som propanbrenner og sveisebrennere gjør. Det er viktig med god forbindelse mellom klemtangens berøringspunkter og arbeidsstykket. Før rørene loddes sammen må de grundig rengjøres og kanter fra kuttingen må slipes ned.



## 3.6 Loddemateriale

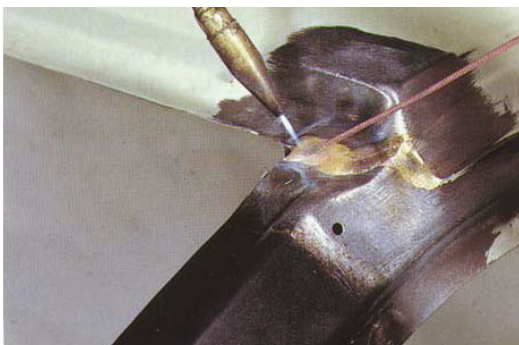
### 3.6.1 Messingloddemateriale

Når en skal sammenføye f.eks. karosseriplater av stål i for eksempel skjøter mellom tak og stolper, benytter man ofte hardlodding med messing som loddemateriale. Loddematerialet har også tilsetninger av sink, tinn, nikkel og eventuelt sølv. Loddematerialet benyttes også ved lodding av støpejern og stållegeringer. Hardlodding ved hjelp av messingloddemateriale blir også kalt slaglodding.



### 3.6.2 Kobberloddemateriale

Bruksområdet for dette loddemateriale er først og fremst sammenføyning av stål, og på grunn av det høye smeltepunktet (1083 °C), benytter en sveisebrenner som varmekilde. Kobberloddemateriale, som er blandet med sink, får en lavere smeltetemperatur. Fordelen med kobber som loddemateriale, er at delene av stål kan varmebehandles ved høy temperatur etterpå, uten at det svekker forbindelsen, noe som skjer eksempelvis ved herding.



### 3.6.3 Karosseritinn

Karosseritinn er et loddemateriale som benyttes som fyllmateriale ved karosseriarbeid. Det inneholder ca. 72 % bly, 27 % tinn og 1 % antimon. Ved oppvarming blir karosseritinn seigt ved ca. 185 °C og smelter ved ca. 260 °C. I området mellom disse temperaturene er materialet plastisk og lar seg stryke utover og forme.

Ved bygging og reparasjoner av ytterpaneler på karosserier, vil det være en del områder som det er vanskelig å få en jevn og fin overflate på. Spesielt gjelder dette ved reparasjoner hvor en står overfor valget mellom å bytte ut karosseriplaten, å fylle området med sparkelmateriale, å bearbeide karosseriplaten «mer enn den tåler» eller eventuelt fylle det skadde området med karosseritinn.

Forutsetningen for å kunne benytte karosseritinn ved reparasjon av skader, er at skaden må være avgrenset, og konstruksjonen heller ikke være svekket av skade eller rustangrep. En må ikke benytte karosseritinn eller andre fyllmaterialer som alternativ til et dårlig «karosseriarbeid»

Noen karosserisammenføyninger blir pålagt karosseritinn til slutt for å kunne få en usynlig, men sterk sammenføyning. Dette gjelder utvendige skjøter som mellom tak og stolper og områder som skal ha en fin sammenhengende avrunding.

Tidsforbruket ved pålegging av karosseritinn vil være noe større enn for andre fyllmaterialer, men kvaliteten betydelig bedre hvis en følger riktige rutiner under hele arbeidet.

- Fordelen med karosseritinn sammenlignet med andre fyllmaterialer, er at tinnet er svært stabilt og motstandsdyktig overfor ytre påvirkninger og en eventuell ny skade i karosseriet.
- Bearbeidingsmuligheten er også god. Det er enkelt å legge på mer hvis det trengs, etter hvert som karosseritinn bearbeides.
- Ulemper med bruk av karosseritinn er først og fremst helsefaren. Dette på grunn av at materialet inneholder ca. 70 % bly, som vil utvikle en farlig gass når materialet oppvarmes ved pålegging. Bly er også helsefarlig ved hudkontakt. Arbeid med karosseritinn forutsetter også bruk av sterke løsemidler ved rengjøring.

## 4. Liming

Liming blir stadig vanligere i industrielle produksjonsprosesser. Materialer som før ble sveiset, loddet, skrudd eller naglet, som bilkarosserier og flyskrog, kan nå ofte limes. Limingen kan utføres slik at fugen kan løses opp og komponentene byttes for vedlikehold og reparasjon. Med lim mener vi et organisk materiale som plassert mellom to faste materiale er i stand til å holde disse sammen. Vi får en limfuge. Sammenhengskraftene (kohesjonen) i limet og vedhenget (adhesjon) avgjør styrken på limingen.



At lim er et organisk materiale vil kort og godt si at hovedkomponenten er et plast- eller gummimateriale.

Liming blir i økende grad brukt til sammenføyning av heilt ulike materiale. De viktigste fordelene med liming er:

- Kontinuerlig kraftoverføring i sammenføyningen. Slik unngår vi spenningskonsentrasjoner som kan gi trøtthetsbrudd.
- En elastisk sammenføyning som virker dempende på svingende påkjenning
- Limet kan være elektrisk isolerende og kan således hindre korrosjon på grunn av galvaniske spenninger.
- Det gir en tett konstruksjon som hindrer luft-eller vannlekasje.
- Vi slipper uheldig oppvarming som ved sveising

Det er og en del ulemper med liming som konstruksjonsmetode.

- Limsammenføyning er ofte var for fukt, temperatursvingninger, slag og støt.
- Det er nødvendig med en grundig tidkrevende forhandling før selve limoperasjonen.
- De fleste limtypene som blir benyttet i industriell sammenheng, er tokomponentlim med kort brukstid etter blanding, men med lang herdetid.

### 4.1 Liming av metaller

Aluminium er det metallet som oftest limes.

Liming benyttes når vi skal sammenføye aluminium med ikke-metalliske materialer, og når konstruksjonen skal være lettest mulig.

I fly- og bilindustri brukes ofte liming av plater, komponenter og bærende konstruksjoner.

I lette konstruksjoner ønsker vi ofte å bruke tynt gods og de sterkeste legeringene.

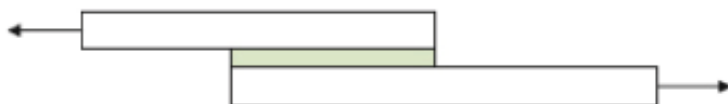
Liming er godt egnet der vi kan lage overlappskjøter. Liming medfører dessuten ingen oppvarming av materialet. De sterkeste legeringene ville tape 30–50 % av sin fasthet hvis de blir oppvarmet 150 °C.

Sveising vil i motsetning til liming medføre oppvarming, og dermed fasthetstap på begge sider av sveisen i de sterkeste aluminiumlegeringene.

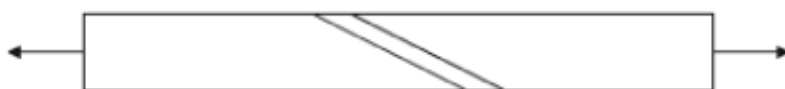
Ved å lime sammen mange lag aluminiumplater, får vi laminatplater som er meget lette og stive.

### 4.1.1 Limfuger

Limet har mindre fasthet pr. flateenhet enn aluminium. Vi må derfor lage forbindelser med større limflater, slik at kraften kan fordeles over en større flate. Dette passer fint ved tynnere godstykkelse:



Ved tykkere gods kan en forsøke skrådde fuger:

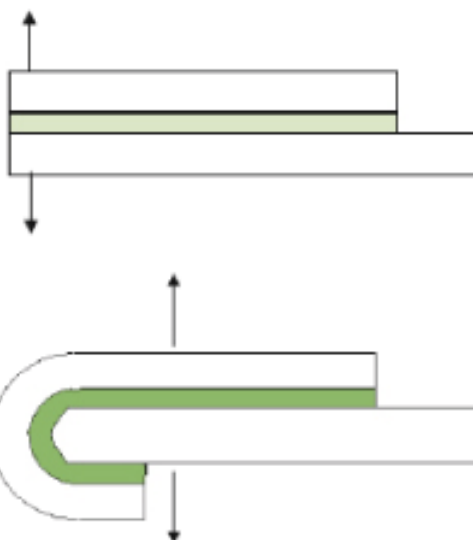


Butt-i-butt skjøter gir for liten flate å fordele kraften på, og blir for svake.

Ved belastning blir konsentrasjonen av krefter størst i endene av limfugen. Blir belastningen for stor, vil limet derfor slippe taket i endene først.

Limforbindelser skal ikke utsettes for direkte avriving på tvers av limflaten (se øverste figur til høyre).

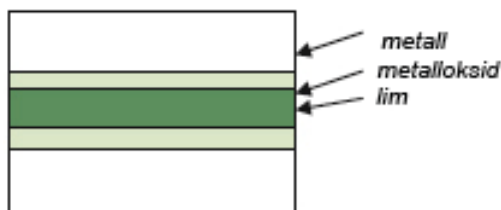
Kreftene blir veldig store ytterst, og en risikerer at limet slipper taket. Dersom en ikke kan unngå belastning på tvers av limflaten, kan vi hjelpe til med nagler, bolter eller velge en profil som låser bevegelsen i den retningen (se nederste figur til høyre).



### 4.1.2 Styrken i en limfuge

Styrken til et materiale avhenger av kreftene som holder atomene sammen.

Kan vi overføre disse kreftene fra del til del når vi vil sammenføye metaller? I teorien kan vi, men i praksis klarer vi ikke å gjøre delene så plane at det oppnås atom-atom kontakt mellom dem. Bruker vi en flytende masse (lim) mellom delene, kunne atomene i denne massen overføre kreftene. En overføring av kreftene mellom to deler kan beskrives slik:



Styrken i forbindelsen avhenger av:

- tykkelsen til oksidlaget
- om oksidlaget henger godt fast til metallet
- om limet henger godt fast til metalloksidet/metallet
- styrken til limet

I praksis vil dette bety at

- vi må redusere tykkelsen til oksidlaget mest mulig
- det er ingen problemer med oksidlaget på aluminium, for det henger godt fast
- limet må henge godt fast på aluminium/oksid
- limets styrke må velges i forhold til forbindelsens styrke og hvilket miljø forbindelsen skal være i (for eksempel hvilken temperatur)

#### 4.1.3 Valg av lim

Når vi skal velge lim, gjøres dette ut fra behov for å dekke følgende egenskaper:

- hvor stor styrke skal forbindelsen ha
- hvor mye varme må den tåle
- hvor stor seighet skal den ha
- hvor stort volum skal limet fylle
- hvilket miljø (vått, tørt, olje eller kjemikalier) skal forbindelsen tåle
- hvilket utstyr og muligheter til for- og etterbehandling er tilgjengelig

Belastningen er størst i limets kanter. Jo sterkere lim vi velger dess større blir belastningen, og faren for riving øker. Motsatt gjelder det at mykere lim gir bedre spredning av belastningen, og mindre fare for at limet skal rives av metalloverflaten.

Her følger noen limtyper og egenskaper:

Herdelim	Skjærfasthet *)	Avrivingsfasthet **)	Temperatur maks.	Anvendelse
Epoxy, to-komponent kaldherdende	16–30 N/mm <sup>2</sup>	1–3 N/mm <sup>2</sup>	95 °C	Mange anvendelser
Epoxy, en-komponent varmherdende	32 N/mm <sup>2</sup>	1 N/mm <sup>2</sup>	200 °C	Stor fasthet og høy brukstemperatur
Polyuretan to-komponent	12 N/mm <sup>2</sup>	2–7 N/mm <sup>2</sup>	100–150 °C	
Polyuretan en-komponent	2–5 N/mm <sup>2</sup>	2–4 N/mm <sup>2</sup>	ca. 100 °C	Skum i sandwich-konstr.
Polyamid	19 N/mm <sup>2</sup>	4–5 N/mm <sup>2</sup>	ca. 200 °C	Høy brukstemperatur
Cyanoakrylat	5–30 N/mm <sup>2</sup>	1–3 N/mm <sup>2</sup>	ca. 100 °C	Små flater, aluminium mot plast og gummi

\*) Skjærfasthet betyr hvor stor belastning pr. kvadratmillimeter limfugen tåler på langs av limflaten ved romtemperatur (til sammenligning er flytegrensen til aluminiumlegeringer vanligvis på 200–300 N/mm<sup>2</sup>)

\*\*) Avrivingsfasthet betyr hvor stor belastning pr. mm<sup>2</sup> limfugen tåler på tvers ved romtemperatur (loddrett på limflaten)

#### 4.1.4 Limeprosessen

Limforbindelsens styrke avhenger veldig mye av forbehandling av aluminiumoverflaten.

Første bud er vanlig rengjøring og avfetting.

Limet vil feste seg best ved tynne oksidlag. Derfor vil det være gunstig å behandle overflaten med sliping/polering, blåserensing eller beising. Dette gir sterke forbindelser i tørt miljø.

Dersom vi etter beising behandler med kokende vann eller fosfatering/kromatering, vil limet også holde i fuktige, korrosive miljø.

Beste behandling for å tåle høy belastning i korrosive miljø, gir anodisering i fosforsyre.

#### 4.2 Liming av plast

Vi kan oppnå vedheft mellom like og ulike materialer på tre måter. Disse er: mekanisk heft, termodynamisk heft eller ved kjemisk sveising.

*Mekanisk heft* oppnås ved at et limmateriale kryper inn i porene i materialoverflaten og herder der. Limet «griper seg fast» i overflatene og har liten eller ingen vedheft utenom. Denne type limforbindelse kan oppnås hvis materialoverflaten er pores eller kraftig opprubbet, men forbindelsen er svak og har liten praktisk anvendelse ved liming av plast.

*Termodynamisk heft* er binding (tiltrekningskrefter) mellom molekylerne i lim og materiale. For at binding skal oppnås kreves det kort avstand mellom molekylerne, noe som bare kan oppnås ved at limet kryper helt inn i materialoverflaten. Forutsetningen for at limet skal trenge inn i og fukte overflaten er at det har lavere overflatespenning enn materialet det skal lime. Plastmaterialene har relativt lav overflatespenning, derfor er plastmaterialer spesielt krevende å lime, valg av lim i forhold til plasttype er veldig viktig.

*Kjemisk sveising* foregår ved at plastmaterialenes overflate løses opp og presses sammen slik at materialoverflatene «blandes». Når løsemidlet er dampet bort finnes ikke det markerte grensesjiktet mellom de to materialene, det er blitt tilnærmet helt gods. Forutsetningen for en god forbindelse er at løsemiddelet løser plasten raskt og at det fordamper så sent at flatene er løst til de er sammenføydd, men likevel så raskt at ikke ventetiden som flatene må være i ro blir for lang. Det er også viktig at det ikke er for mye løsemiddel på limflatene, løsemiddelet må nemlig diffundere ut gjennom materialet/ limfugen for å oppnå fullstyrke liming.



#### 4.2.1 Adhesjon og kohesjon

Det er to hovedbegrep knyttet til lim og liming: adhesjon og kohesjon. Adhesjonsliming er sammenføyning av materialer ved hjelp av et limstoff som «kleber» materialene sammen, altså termodynamisk heft. Fordelen med denne type lim er at ulike materialer kan sammenføyes, både ulike plasttyper og plast mot andre materialer. Videre er det mulig å oppnå fyllende og fleksible limfuger som både gir tette og holdbare forbindelser. Ulemper med limtypene er at de i utgangspunktet ikke har samme egenskaper som materialene som skal limes og derfor må velges spesielt i forhold til belastningen som produktet skal utsettes for. Mange av limtypene er også utsatt for fuktighet, noe som kan medføre dårligere vedheft etter hvert, eller en hurtig svekkelse av limforbindelsen. Styrken i limforbindelse blir ikke like stor som ved løsemiddelliming. Viktige kriterier for en god limforbindelse med denne type lim er at det blir god vedheft mellom lim og materiale.

Kohesjon er sammenbindingskreftene i selve limet. Det er kreftene som holder limet sammen. For at limet skal virke, må det fukte det materialet det skal lime. Skal limet fukte et materiale, må det ha lavere overflatespenning enn materialet. Dersom limet har lavest overflatespenning, vil det spre seg utover og trenge inn i mikrosprekker og dekke hele overflaten på materialet. Det er nødvendig for å få godt vedheng. Skal limet spre seg på overflaten, må det være flytende.

De ulike limsortene kan vi dele inn i følgende gruppene:

*Kjemisk herdende lim* finnes både som enkomponent- og som tokomponentlim. Tokomponentlimet herder ved at to reaktive stoff blir blandet sammen. Enkomponentlim kan utnytte fuktigheten i luften som herder, det kan herde ved oppvarming eller ved en katalytisk påvirkning fra materialet.

*Fysisk tørkende lim* klitrer seg fast ved at et løsemiddel fordamper. Løsemiddelet kan være vann.

*Fysisk størknende lim* må påføres mens det er smeltet. Virkningen av limet kommer når limet størkner.

### 4.2.2 Forbehandling av limflater

Forbehandling av limflatene kan deles i tre operasjoner:

#### Sliping

Sliping av overflaten har til hensikt å fjerne forurensninger, oksidbelegg og øke kontaktflatene. Sliping er en grov og radikal måte å bearbeide en limflate på. Normalt bør man bruke en fin korning på slipeverktøyet eller foreta en finsliping av flaten før liming. En grov overflate gir ikke bedre heft enn en finslipt, den øker bare limforbruket da en større mengde lim må påføres for å få dekket «top-pene» av overflaten.

#### Rengjøring

Rengjøring av limflaten har til hensikt å fjerne forurensninger og fett som kan hindre fukting og god kontakt mellom lim og plast. Vasking av flatene med en klut eller fille fuktet i løsemiddel er ikke noen god metode, fett og urenheter vil da bare bli tynnet ut og så bli «fylt» ned i porene i materialet. Dypping av materialet i løsemiddel kan være mer effektivt. Det vil dannes en hinne av løst fettholdig smuss som vil sette seg på overflaten og sørge for dårlig heft. Den beste metoden er antakeligvis vasking av overflaten i varmt vann tilsatt et fettløselig vaskemiddel. Da løsner smusset fra overflaten og kapsler den inn slik at den kan skylles av. Metoden setter krav til at flatene må tørkes før lim kan påføres.

#### Overflatebehandling

Overflatebehandling av limflaten har til hensikt å gjøre den mer limbar ved f.eks. øke overflatespenningen og dermed sørge for bedre fukting. Etsing, flammebehandling eller elektonbombardering av overflaten er behandlingsmetoder som øker plastens polaritet og overflatespenning. Det er helst plaster med lav overflatespenning som f. eks. PP, PEH og PVDF som må forbehandles for å øke limbarheten.

## 4.3 Liming av tre

For bruken av trevirket har sannsynligvis limet hatt den samme betydningen som sveisingen har hatt for bruken av stål og andre sveisbare metaller.

I dag regner en at adhesjonen (limeforbindelsen) oppstår gjennom tre mekanismer: mekanisk forankring, molekylære (fysiske) tiltrekningskrefter samt utvikling av kjemiske bindinger mellom tre og lim.

Den mekaniske teorien går ut på at det flytende limet trenger inn i porer (cellehulrom) og ujamnheter når det påføres trevirket. Når limet herder forankres det mekanisk i treoverflaten. Det hevdes også at vannløslige lim i tillegg til å trenge inn i cellehulrom også vil kunne etablere limforankring i selve celleveggen (mellom mikrofibrillene).

Den mekaniske teorien forklarer imidlertid ikke hvorfor materialer som ikke inneholder porer lar seg lime. En kan også observere at det herdede limet krymper og løsner fra celleveggene inne i cellehulrommene. Det ser derfor ut til at hovedgrunnen til at lim limer er andre mekanismer i tillegg til de mekaniske.



Den viktigste grunnen til at lim limer anser man er at det oppstår molekylære tiltrekningskrefter (van der Waalske krefter og hydrogenbindinger) mellom trevirket og limet. Det er de samme former for krefter som får to ideelt plane harde plater av f.eks. kvarts (som ikke har vært eksponert for luft) til å hefte til hverandre.

#### **4.3.1 Faktorer som fremmer gode limforbindelser**

Det er med liming som med mange andre prosesser: Betingelsene må være riktige for at en skal oppnå et godt resultat. Treoverflatene som skal limes, bør være så glatte og så uskadde som mulig, og de bør også være så «ferske», dvs. nybearbejdede, som mulig. Dette betyr at verktøyet en bruker, bør være skarpt, og at matehastigheten og kuttdybden bør være tilpasset forholdene. Flatene blir vanskeligere å lime dersom de tilsmusses, eller eldes noe særlig etter bearbejdingen. Dette avhenger imidlertid av treslaget og limtypen.

Trefuktigheten bør normalt ikke være verken for høy eller for lav, mellom 5 og 15 % regnes som passe. Er treet for tørt, har limet ofte vanskelig for å fukte treet ordentlig. Blir treet for fuktig, vil vannholdige trelim tørke ut for langsomt, og selve limsubstansen vil kunne bli sugd opp av trevirket, slik at fugen blir for mager. Limblandingen må være riktig utført, dvs. at forskriftene for blandingsforholdene må følges nøyaktig. Lim og herdere må oppbevares forsvarlig og i lukkede beholdere. Ved langvarig lagring bør de helst oppbevares i kjølerom. Blandeutstyr bør helst ikke brukes til flere forskjellige limtyper. Limpåføringen er også en viktig faktor. Det er viktig å bruke den riktige mengden, og å få den jevnt fordelt. Ved lave limetrykk og ved liming av treslag som det er vanskelig å få fuktet tilfredsstillende, er det en fordel å stryke limet på begge de to flatene som skal limes sammen. Presstiden, presstrykket og herdetemperaturen bør være så riktig som mulig, i forhold til produsentens anvisninger.

Det vises forøvrig til E. Raknes: Liming av tre (U-forlaget).

## **5. Mekanisk sammenføyning**

### **5.1 Introduksjon**

Mekanisk sammenføyning innebærer mange tradisjonelle metoder som er brukt i håndverks og metallbearbejvende industri.

I løpet av de siste 50 årene er de mer og mer blitt overtatt av forskjellige sveisemetoder. Men på grunn av øket bruk av belagt aluminium og utherdbare aluminiumlegeringer, er de igjen blitt mer interessante.

Med mekanisk sammenføyning mener vi metoder som:

- bolteforbindelser
- skrueforbindelser
- nagling
- klinking

Siden forbindelsen ikke krever smelting eller oppvarming i det hele tatt, vil materialets egenskaper ikke påvirkes. Med andre ord vil en unngå tap av fasthet i varmepåvirkede soner, slik som ved sveising. Dessuten vil en kunne sammenføy aluminium med ulike metalliske og ikke-metalliske materialer.



Mekanisk sammenføyning består også av forskjellige festemekanismer laget under ekstrudering av profiler. Profilene hektes sammen i leddforbindelser eller som låste forbindelser med mothaker.

Hvis en sammenføyer forskjellige materialer, må en først vurdere miljøet materialene skal være i, om det vil oppstå korrosjon på grunn av forskjellig edelhet eller trange spalter.

### 5.2 Klinkede forbindelser

Klinking gjøres uten at en trenger å tilføre annet materiale som bolter, skruer eller nagler. Med andre ord økes ikke konstruksjonens vekt, og ingen elementer kan forurense arbeidsmiljøet.

Klinking skjer ved at to tynnplater låses punktvis av et verktøy som trykker dem sammen ned i en dyne (et mothold med hull), se figuren til høyre.

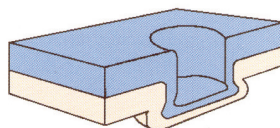
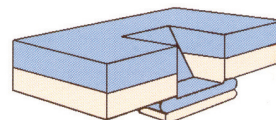


Bild 11.4 – Støknitning.

Med klinking kan vi forbinde belagte plater eller aluminium med andre metalliske materialer eller plast.

Bild 11.5 – Clinching.



### 5.3 Nagleforbindelser

Det finnes flere typer nagleforbindelser. Alle med en viss, men ikke alltid like god, klemkraft.

#### 5.3.1 Solide aluminiumnagler

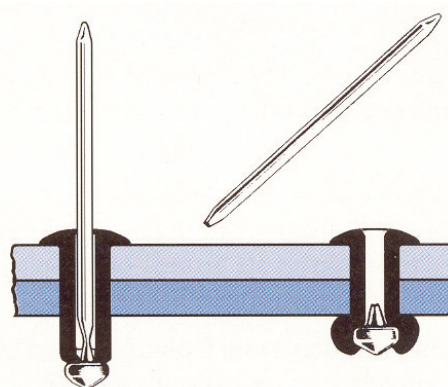
Solide aluminiumnagler slås i kald tilstand. Dette betyr at vi ikke får samme klemkraft som ved slåing av varme stålnagler, der krympeeffekten kommer ved avkjøling.

Vi kan derfor ikke forvente samme friksjonskraft mellom platene som sammenføyes. For å unngå utvidelse av naglehullene når delen blir belastet, må vi derfor ha hull som er mer tilpasset størrelsen på naglen. Naglen må fylle hele hullet.

Vanligvis benyttes aluminiumnagler av samme legering som delene som skal sammenføyes, på grunn av korrosjonsegenskapene.

Naglene slås med så få slag som mulig.

Nagler av utherdbare aluminiumlegeringer slås i tiden mellom innherding og utherding. Hvis naglen ikke slås umiddelbart etter innherding, vil den snart bli for hard. Utherdingen kan utsettes ved å legge naglene i en fryseboks.



### 5.3.2 Blindnagler

Blindnagler kalles også popnagler. De benyttes i situasjoner når en ikke kommer til på begge sider. En blindnagle består av en hylse med en nagle. Hylsen med naglen i settes først i hullet gjennom platene. Naglen trekkes deretter noe ut, slik at hylsen formes til en krave på andre siden av platen. Kraven hindrer at naglen trekkes ut. Til slutt brekkes naglen av.

En type blindnagle vises på figuren til høyre.

Det finnes en rekke nagletyper som er utviklet for forskjellige situasjoner. Automatisering i produksjonen er en situasjon der behovet for kostnadseffektiv og kvalitetssikker forbindelse er et krav.

#### Hulltaking

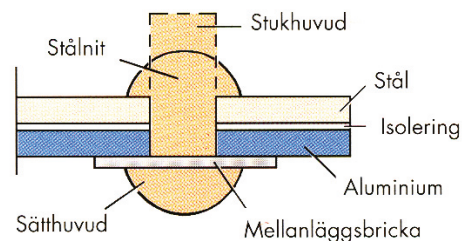
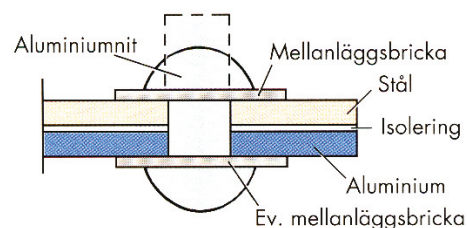
Første arbeidsoperasjon er å bore hull til naglen. Det skal ikke være større enn at naglen går akkurat gjennom. Hullet grades og gis en liten nedsenkning, slik at naglen får godt anlegg mot platen.

Anbefalt diameterforskjell mellom hull og nagle vises i tabellen.

Pass på så overflaten ikke ripes opp under arbeidet.

#### Nagleavstand

Når konstruktøren beregner nagleavstand, er utgangspunktet boltens fasthet (legering) og diameter.



Naglediameter	Diameterforskjell mellom hull og nagle
...-3 mm	0,05 mm
3-7 mm	0,1 mm
7-10 mm	0,2 mm
10-12 mm	0,3 mm
12-... mm	0,4 mm

### Stansenagler

Av stansenagler finnes det to typer: Solide og delvis hule.

Stansenagling med solide nagler utføres ved at naglen stanses ut et hull mens den trykkes gjennom platene, og etterlates der. Dermed låser den platene.

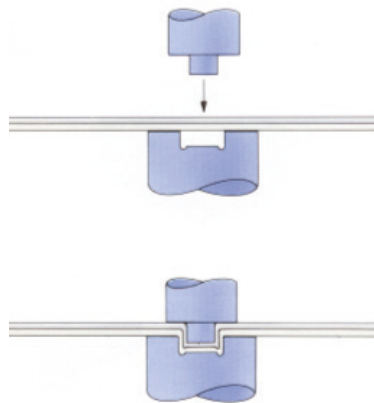
Stansenagling med hul nagle har mye til felles med klinking. Det bores ikke hull på forhånd, og platene festes ved at de punktvis trykkes sammen.

### Naglemateriale

Om mulig bør naglen være av samme aluminiumlegering som delene som skal nagles sammen. Dette for å unngå galvanisk korrosjon. Nagler av kobber og messing må ikke benyttes. Nagler i rustbestandig stål eller nikkellegeringer er bedre.

I flyindustrien benyttes nagler i utherdbare legeringer på grunn av styrke/vekt-forholdet. Verken naglene eller delene er gode rent korrosjonsmessig, og males derfor til slutt.

Til marine formål brukes nagler i sjøvannsbestandig kvalitet, dvs. magnesiumlegerte.

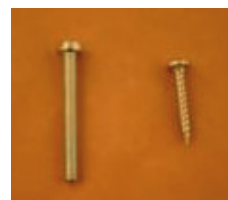


*Selvstansende nagler lager sine egne hull og gir forbindelse, alt i samme operasjon. Metoden benyttes blant annet av bilindustrien for å feste plater på profiler.*

## 5.4 Mekanisk sammenføyning av plast

### 5.4.1 Skrueforbindelser

Med skrueforbindelser kan vi føye sammen deler av ulike materialtyper, som to ulike termoplaster, termoplast og herdeplast, og plast og metall. Skrueforbindelsen kan være med gjennomgående bolter eller med gjenger i plasten.



### 5.4.2 Gjennomgående bolter

Når vi skal lage en samanføyning med gjennomgående bolt, må vi ta hensyn til at plast har større utvidingskoeffisient enn stål eller metall. Det vil si at hullet ikke må være for trangt. Plast er, som vi vet, svakere enn stål. Derfor må vi fordele kreftene rundt hodet og mutter på en større flate. Det gjør vi ved å bruke store skiver.

Vi må ikke bruke skruer med senkehode i plast. De sprenger materialet. Dersom materialet har liten bruddforlenging, som PMMA, kan vi få brudd. Er det et materiale med stor bruddforlenging, vil det over tid gi etter, og forbindelsen løsner.

### 5.4.3 Gjengeforbindelse

Forbindelse med gjenger i plasten er mest aktuelt for små skruer, og det blir mest brukt selvgjengende skruer. De kan deles inn i to grupper, gjengeskjærende og gjengeformende skruer

Gjengeskjærende skruer er herdet og utformet slik at de skjærer gjenget med enden av skruen. Det kreves liten tildragingskraft og gir liten sprengverknning og

steking av materialet rundt skruetaket. Gjengeskjærende skruer er mest benyttet på herdeplaster.

Gjengeformede skruer er herdet og utformet slik at de former gjenget ved å trenge unna materialet rundt skruetaket. Disse skruene blir mest brukt til termoplast. De tåler vanligvis bedre at materialet blir presset unna rundt skruetaket. Tendensen til å løsne er liten, og de har også mindre tendens til å ødelegge gjengene når de blir skrudd inn og ut flere ganger. Det kreves større kraft når vi skrur inn disse skruene.

## 5.5 Skru- og bolteforbindelser

Skru- og bolteforbindelser velges normalt når nagling er vanskelig å få utført rent praktisk. Forbindelsene brukes ved bygging av maskiner og kjøretøyer i aluminium, men også ved bærende konstruksjoner.

Skru og bolteforbindelser utføres uten oppvarming og svekker derfor ikke styrken i utherdede aluminiumlegeringer. Spesielt ved høyste aluminiumlegeringer leget med kobber og som derfor ikke er sveisbare, vil skruing og bolting være en god sammenføyningsmetode.

Med skruer og bolter får vi god klemvirkning mellom delene som sammenføyes. Dette øker friksjonen mellom delene slik at det ikke bare er selve boltene som blir skjærbelastet, som ved nagling.

### 5.5.1 Materialvalg og utførelse

Materialvalget vil skje som en vurdering av følgende faktorer:

- korrosjonsmotstand
- fasthet/klemvirkning mellom delene
- eventuelle temperatursvingninger

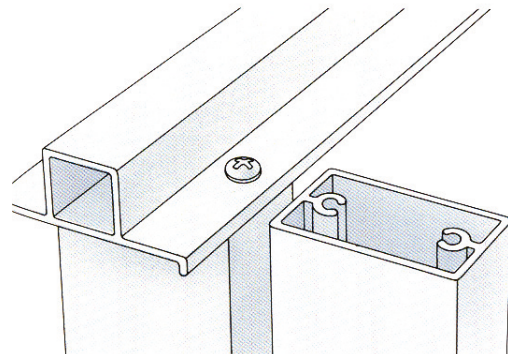
For å unngå galvanisk korrosjon bør en benytte en aluminiumlegering tilsvarende de deler som sammenføyes.

Når det trekkes til, vil klemvirkningen være i forhold til materialets flytegrense og boltens tykkelse.

Et annet moment er temperatursvingninger som fører til utvidelse og krymping. Hvis bolt og materiale har forskjellig varmeutvidelse vil dette i verste fall resultere i at strekkbelastningen i boltens overskrider flytegrensen, og at klemvirkningen dermed reduseres. Dette kan skje dersom det brukes stålskruer og bolter.

Rustbestandige og galvaniserte stålskruer og bolter er mye benyttet. I marine omgivelser (saltvann) benyttes bolter i rustbestandig krom-nikkel-molybdenstål (316L).

Siden det er friksjonen mellom delene som bestemmer forbindelsens styrke er det i mange tilfeller ikke så viktig at boltehullet er trangt, slik som ved nagling. Vi kan derfor isolere mot metallmetall kontakt både mellom bolt og plater, slik at materialer med forskjellig edelhet kan sammenføyes uten at det oppstår korrosjon. Men syntetiske



pakninger under stoppskiver siger med tiden, og noe klemvirkning tapes. Der det er fare for galvanisk korrosjon, benyttes malte flater. Vi isolerer dermed materialene mot det korrosive miljøet.

Bolter og skruer finnes i mange varianter. De brukes ofte i kombinasjon med faste og bevegelige sammenføyninger ved sammenkobling av ekstruderte profiler.

### **5.5.2 Forbindelsens kvalitet**

#### **Dårlig design**

Regler for god design gjelder for utførelse i aluminium (som for andre materialer). Eksempler på dårlig design er:

- for liten avstand mellom nagle/boltehull og platekant, slik at vi får utriving
- utmattingssprekker og brudd på grunn av skarpe tykkelsesoverganger og hjørner
- ikke tatt hensyn til at også hull innebærer utmattingsfare på grunn av økt spenning
- ikke tatt hensyn til materialets elastisitet (elastisk tøyning ved belastning)
- ikke vurdert virkning av varmeutvidelsen ved sammenkobling av forskjellige materialer

#### **Klinkede sammenføyninger**

Smøring av verktøy er viktig for å unngå avleiringer av aluminium som endrer formen. Det samme gjelder for mye smøring.

#### **Korrosjon**

Korrosjon er alltid en utfordring, spesielt offshore. Det er derfor utarbeidet prosedyrer for beskyttelse av forbindelser der forskjellige materialer inngår.

Se eget kompendium for korrosjon og overflatebehandling.

#### **Forbehandling**

Karbonstål som skal sammenføyas med aluminium skal først vaskes. Deretter brukes løsningsmiddel for å fjerne rester av olje og fett. Til slutt benyttes sandblåsing. Aluminium vaskes på samme måte.

#### **Maling**

Før stålet ruster, males det med primer først og deretter to lag epoksy harpiks.

#### **Isolerende pakninger og hylser**

Skal ha en minste elektrisk motstand på 100.000.000 ohm.

## NORSK INDUSTRI

Næringslivets Hus, Middelthuns gate 27  
Postboks 7072 Majorstuen, 0306 Oslo  
Tlf. 23 08 88 00  
[post@norskindustri.no](mailto:post@norskindustri.no)  
[norskindustri.no](http://norskindustri.no)  
[twitter.com/NorskIndustri](https://twitter.com/NorskIndustri)

Norsk Industri er den største  
landsforeningen i Næringslivets  
Hovedorganisasjon (NHO).



**Norsk Industri**