

Repair Café

Limning af plastik



TEKNOLOGISK
INSTITUT



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Repair Café

Limning af plastik

Udarbejdet af
Teknologisk Institut
Gregersensvej 1
2630 Taastrup
Træ og Biomaterialer

April 2021
Forfatter: Nils-Ole Zib



Håndværk til industri

Man kunne spørge om, hvorfor man overhovedet skal bruge lim til samlinger, når nu man har søm, skruer og bolte, kan svejse og lodde eller smede ting sammen. Det korte svar er, at det er billigt – i hvert fald i en produktion. Industrien vælger lim, fordi processen med at samle to eller flere dele er nem at automatisere. Yderligere kan man i dag også lime materialer med forskellige egenskaber sammen.

Hvis man sætter sig i den meget højtflyvende helikopter og ser ned over samlings-metode-havet går der en linje fra

Nitter - skruer/bolte – svejsning - lim

Det er en linje, der går fra en kompliceret proces til en nem. Der er en vis, men ikke helt klar historisk udvikling at spore. Det er samtidig en linje, der går fra håndværk til industri. Og fra et produktionssynspunkt er det en linje, der går fra dyr til billig.

Det er til gengæld ikke en linje, der går entydigt fra dårlig over bedre til god. Og man kan heller ikke vende pilen den anden vej, altså at limede samlinger er et dårligere valg.

Konstruktion

Hvis man ser på samlinger ud fra et konstruktivt synspunkt, repræsenterer skruer, bolte, nitter, søm punktsamlinger. Punktsamlinger er notorisk dårlige til at overføre kræfter. Især når det gælder vridnings- bøjnings- og forskydningskræfter. Disse kræfter overføres bedre, når man skaber kontakt via flader. Hvis I ser på Eiffeltårnet næste gang, I kommer forbi, og de efter sigende 2,5 millioner nitter, der holder det sammen, vil I se at 'laskerne' – altså de flade stykker jern, der rækker hen over samlingerne, er plastret til med nitter. Dette er netop for at få en god kontakt mellem fladerne. Man placerer altså en mængde punktsamlinger - i dette tilfælde nitter - på et forholdsvis lille areal for at få god kontakt mellem flader. Det er i øvrigt det samme princip, man ser, når tømrere anvender sømbeslag – mange små punktforbindelser spredt ud over en flade.

Hvis vi fortsætter med at se på samlinger ud fra et konstruktivt synspunkt, giver svejsning nogle nye muligheder. Her er der tale om kontakt linjer i stedet for punkter, og dette giver en langt bedre overførsel af kræfter. Når det gælder 'tykke' materialer som f.eks. profiler over 4-5 mm i tykkelse, vil man gennemsvæjse dem - altså fuldstændigt forene materialet på begge sider af samlingen. Går vi skridtet videre – altså til anvendelse af lim – er denne samlingsmetode baseret på at skabe kontakt mellem flader, og helt generelt kan man sige, at jo større kontaktflade mellem to emner jo bedre og stærkere er samlingen. Et eksempel er f.eks. fingersamlinger i træspær eller not og fer i massive bordplader. Limede samlinger går yderligere hånd i hånd med tyndere materialer, hvilket dels betyder mindre ressourceforbrug og billigere transport.



Design for adskillelse

Hvis vi nu ser samlinger fra en helt anden vinkel, og nu begynder vi at nærme os de problematikker, I står over for i Repair Café'erne. Det er en vinkel, som har et miljømæssigt perspektiv.

Når industrien vælger limede samlinger, er det ikke for at genere nogen, det er for at gøre produktet så billigt som muligt, MEN da samlingerne er svære eller umulige at skille ad, betyder dette at reparation kan være vanskelig eller umulig. Hvis vores mobiltelefoner var skruet sammen i stedet for limet, ville det være muligt at udskifte defekte dele med nye, MEN de ville også være dyrere og tungere. Indenfor industrielt design breder der sig imidlertid i disse år en trend – 'design for disassembly' eller på dansk, design for adskillelse'. Et øget fokus på vores overforbrug af de begrænsede ressourcer, gør det ønskeligt og attraktivt at kunne udskifte i stedet for at smide væk.

I en lille parentes bemærket, var Eiffeltårnet faktisk designet for at kunne skilles ad. Oprindeligt var det kun meningen at tårnet skulle stå der under verdensudstillingen i 1889.

Nok om det – lad se på hvordan og hvorfor lim overhovedet fungerer.

Hvorfor virker lim

I princippet kunne man helt undvære lim, hvis man kunne bringe to faste emner tilstrækkeligt tæt sammen, så tæt at der opstår bindinger mellem dem på molekylniveau. Her taler vi om en afstand på 0,5 nm, 1 nm er en milliontedel millimeter, så her hjælper en skydelære ikke. Det kan man imidlertid ikke – selv den mest plane og velpolerede overflade vil have en profildybde på flere hundrede ångstrøm. Med andre ord er afstanden mellem 'bjerge' og 'dale' langt større end afstanden for molekylebindinger. DERFOR må det ene materiale forme sig efter det andet, og derfor er lime altid flydende.

Det er altså afstanden mellem limen og det materiale, man vil lime, der højest må være 5 ångstrøm. For at dette skal kunne lade sig gøre, skal limen kunne 'befugte' overfladen fuldstændigt, og dette igen har noget at gøre med overfladespændinger. Det vender vi tilbage til. Limen skal have en lavere overfladespænding end materialet, der skal limes på.

Oversat til praktisk anvendelse betyder dette, som det i øvrigt ofte står på de lime, man kan købe i handlen, at overfladerne skal være:

- Rene
- Tørre
- Fri for støv
- Slutte tæt sammen

At emnerne, man vil lime, er tørre og fri for støv, er rimelig nemt at kontrollere. Om emnerne slutter tæt sammen, kan ses med det blotte øje, hvis vi ser gennem fingrene med, at vi ikke kan kontrollere på ångstrøm-niveau. At emnerne skal være rene, er noget vanskeligere, det handler ikke om æstetik, men om der er trængt noget ud på overfladen, som gør at limen ikke kan befugte. Visse træsorter afsondrer f.eks. olieholdige substanser til overfladen, det samme gælder en del plasttyper. Det kan betyde, at man skal rense overfladen inden limning.




Det kunne være fristende at anvende et opløsningsmiddel, (dem vender vi i øvrigt tilbage til senere). Imidlertid skal man være opmærksom på, at det i så fald vil være en fortynding af problemet, ikke en fuldstændig rensning. Når opløsningsmidlet opløser urenhederne, vil det fordampe og efterlade en del af urenhederne på overfladen. Bruger man i stedet et alkalisk rengøringsmiddel, vil dette og urenhederne binde sig til hinanden og kunne skylles bort med varmt vand. Det er en god idé at forøge effekten med en børste. Alkaliske rengøringsmidler er f.eks. klor- eller salmiakholdige. Den bedste og mest effektive metode er imidlertid at fjerne en del af overfladen ved at slibe, på den måde kommer man ned til det jomfruelige materiale.

Overfladespænding

Det med overfladespændingen er ikke noget, vi kan kontrollere med almindeligt tilgængelige måleinstrumenter, Men vi kan i hvert fald se, om limen enten flyder ud eller perler på overfladen. Hvis den flyder ud, som den skal, er det fordi limen har lavere overfladespænding end det materiale, der skal limes på.

Spændingsrækkefølge

Faste materialer	Overfladespænding	Lim
Glas		
Stål		
Aluminium		
Træ		
Polyester		
Nylon		
Epoxy		Epoxy
PVC		
Polystyren		Polyurethan
Polyester		Cyanoacrylat
Acetal		
Polypropylen		
Polyethylen		benzin
Teflon		Ethylalkohol
		Ethylether

Skemaet kan ikke anvendes som en eksakt anvisning, men viser det overordnede billede af limtyperne, som vises til højre, skal have en lavere overfladespænding end det materiale, til venstre som de skal limes sammen. Det vil sige, at en lim med en 'lav' overfladespænding kan befugte/hæfte sig til et materiale med en højere overfladespænding.

De to egenskaber skal være til stede for, at en lim fungerer – adhæsion og kohæsion. Adhæsion er bindingen mellem lim og emnet, der skal limes. Det er det, det ovenstående skema kan hjælpe med at forstå, altså at limen skal have lavere overfladespænding end emnet. Derudover skal limen være tilstrækkeligt stærk i sig selv til den givne konstruktion, det er det, der hedder kohæsion, som helt



afhænger af, hvordan limen polymeriserer og laver krydsforbindelser. Det kommer vi til under limtyper.

Lim og plast

Lim **ER** plast. En meget overordnet måde at dele plasttyper op på er at dele dem i termoplast og hærdeplast. Termoplast er plastisk - altså formbar, når temperaturen er højere end smelte temperaturen. Den vil så blive ført ind i et formværktøj, hvor den afkøler og størkner. Hærdeplast består derimod altid af mindst to komponenter. Disse indgår i en kemisk reaktion, hvor der dannes større molekyler, og platen hærder til et sammenhængende emne. En hærdeplast kan ikke gøres plastisk ved genopvarmning.

For lim kan man lave den samme opdeling i termo- og hærdeplast plus en yderligere, nemlig når limen er opløst i et opløsningsmiddel eller blandet med vand.

Det betyder, at der er tre måder lim kan aktiveres på:

- Afkøling af smeltelim.
- Kemisk reaktion i hærdelim.
- Tørring – dvs. fordampning af vand eller opløsningsmiddel.

For nogle plasttyper gælder det, at de kan være deres egen lim. Sagt på en anden måde: Ved at anvende det rette opløsningsmiddel, kan man opløse/plastificere et grænselag på emnerne, presse dem sammen og lade opløsningsmidlet fordampe.

Lim er ikke ufarligt

Lim er kemi og nogle kemikalier er sundhedsskadelige. Det kan være på grund af afgang fra opløsningsmidler, det kan være allergi i forbindelse med kontakt, og nogle af dem er yderligere mistænkt for at have kræftfremkaldende egenskaber.

Inden man går i gang med at lime, skal man sikre sig mod at komme til skade. Der er dels egen sikkerhed at tage hensyn til, der er den umiddelbare nærhed, hvor arbejdet udføres og andre mennesker kan være til stede, men også påvirkning af miljøet især i forbindelse med bortskaffelse af rester fra arbejdet.

Omkring håndtering af lim og opløsningsmidler befinder vi os i en gråzone – måske endda i den mørke ende. Det er et stort paradoks, at man kan købe epoxylim i ethvert byggemarked og cyanoakrylatlim på enhver tankstation til brug hjemme ved køkkenbordet. Hvis derimod min professionelle kollega skal arbejde med de samme limtyper, skal han på et todages sikkerhedskursus, udføre arbejdet i et stinkskab og anvende certificerede beskyttelseshandsker.



Brug af personlige værnemidler kan være nødvendigt og påkrævet. MEN, som det står i Arbejdstilsynets bekendtgørelse om disse: *'... før man vælger et personligt værnemiddel, skal der foretages en grundlæggende vurdering med henblik på at identificere og evaluere risikoen. Hvor det er muligt, skal risikoen mindskes eller helt fjernes ved at ændre praksis på arbejdsstedet. Denne mulighed skal altid foretrækkes frem for brug af et værnemiddel.*

<https://at.dk/regler/bekendtgørelser/brug-personlige-vaernemidler-1706-sam/>

Logikken er, at man søger at inddæmme og eliminere problemet, inden man fokuserer på at afbøde farerne ved det.

Valg af sikkerhedshandsker:

[Handskeguide ved håndtering af kemikalier | Frederiksen Scientific \(frederiksen-scientific.dk\)](#)

Filtre til gasmasker:

[Åndedrætsværn og filtertyper \(specialbutikken.dk\)](#)

Plasttyper

Jeg har forstået, at I reparerer og limer rigtigt mange husholdningsapparater, og at de ofte er fremstillet af plastik. Den store opgave er så at afgøre, hvilken plasttype man har med at gøre. Mange, men ikke alle, plastprodukter har et mærke støbt ind i emnet, som regel på under- eller bagsiden. Udover datoen for støbningen kan der f.eks. stå PP, det står for Polypropylen, PVC – PolyVinylClorid osv. Ifølge Plastindustrien.dk er der ca. 300.000 plast 'opskrifter', så ovenstående kan kun være retningsgivende.

Der findes hand-on 'nøgler' til at bestemme plasttyper for så at placere dem i skemaet med spændingsrækkefølgen. Her er vi imidlertid endnu længere ude i gråzonen, når det gælder håndtering og kontakt med farlige stoffer.

[Burn Test Identification for Plastics | Boedeker protokoller.2.2 \(au.dk\)](#)

Limtyper

I betragtning af, hvor mange forskellige limproducenter, der er på markedet, og hvor mange limtyper de hver især markedsfører, vil det være uoverkommeligt at gennemgå dem alle. Derudover vil det være forkert her at fremhæve nogle produkter frem for andre. Følgende vil derfor være en gennemgang af nogle limtyper.

Epoxy

Epoxylime er typisk tokomponent systemer, dvs. selve limen og en hærdet/katalysator, som kan hærdet ved stuetemperatur. På grund af den måde, den kemiske reaktion foregår mellem lim og hærdet, er det vigtigt at være nøjagtig med blandingsforholdet for at opnå et ensartet resultat.



Under hærdeprocessen frigives en del varme, det er helt normalt. Hvis man imidlertid arbejder med store emner og har brug for at blande store portioner, skal man være opmærksom på varmeudviklingen i beholderen. Dels bliver beholderen reelt varm, dels accelererer hærdeprocessen med varmen.

Epoxy-systemer kan 'skræddersys' til mange forskellige anvendelser – som matrix i højt ydende konstruktioner sammen med kulfibre til sportsudstyr og Formel 1 biler, støbeforme, slid-udsatte Cmen anvendes mest i høje viskoseblandinger. Med mindre epoxy er blandet til helt specielle formål, er den efter afhærdning hård, nærmest krystallinsk. Det er ikke muligt at opløse epoxy efter afhærdning – det er en hærdeplast.

Epoxy hærder relativt langsomt, men der kan være tilsat katalysatorer for at øge hastigheden. Helt generelt gælder dog, at længere hærdetid er ensbetydende med større styrke i det limeede forbandt. Varmetilførsel for at speede hærdetiden op skal altid foregå efter et fastlagt skema.

Vær opmærksom på at selv færdig hærdet epoxy kan udgøre en sundhedsmæssig risiko. Det skal man være opmærksom på f.eks. i forbindelse med slibning

Polyuretan

Findes både som en- og tokomponent systemer. Det er en hærdeplast, som efter hærkning kan have egenskaber fra ekstremt blød til hård og stabil. De er relativt bestandige overfor opløsningsmidler og andre kemikalier. Når der er tale om en-komponent polyuretan foregår hærningen ved, at fugt eller en anden kemisk substans diffunderer gennem limen, dette forlænger hærdetiden, når man når over en rækkevidde på ca. 10 mm. Tokomponent systemer benytter sig generelt af isocyanat, og de har ikke denne begrænsning. Da polyuretan ekspanderer under hærkning, kan limen bruges som udfyldende lim.

Hvor de fleste epoxylime hærder op til at blive hårde - nærmest krystallinske, hærder polyuretan til at have mere fleksible egenskaber, og de har derfor større modstandsdygtighed for stød. Resistens overfor vedvarende varme over 150°C er derimod ringere. Polyuretan har en lavere overfladespænding end epoxy og har derfor et større anvendelses 'vindue' til forskellige plasttyper.

Cyanoakrylat

Cyanoakrylat også kendt som 'sekundlim' er en en-komponent lim med meget lav viskositet nærmest som vand og op til gelekonsistens. I tynde fuger og ved stuetemperatur hærder limen ved hjælp af fugt meget hurtigt til en hård termoplast. På grund af den lave overfladespænding hæfter cyanoakrylat på de fleste plasttyper. Limen er ikke egnet som udfyldende lim og har lav kemikalie og temperaturresistens. Ved at 'forstærke' limen med gummi, bliver limfugen elastisk og får forøget slagbrudstyrke.

Silikone

For det meste en-komponent lime med høj viskositet. Limen hærder med fugt som accelerator til en elastisk hærdeplast med meget høj temperaturbestandighed. Hærdetiden er stærkt afhængig af den omgivende luftfugtighed, som skal diffundere gennem limen. Sammenlignet med andre lime er kohæsionskræfterne små, så silikone kan ikke bruges som konstruktionslim.



Smeltelim

Smeltelim er mest kendt som et quick-fix, som ikke kan udsættes for de helt store belastninger. Til gengæld befinder den 'almindelige' EVA-baserede (ethylvinylacetat) lim sig langt nede på spændingsrækkefølgen og kan derfor lime mange forskellige plasttyper. Den indeholder ikke opløsningsmidler og er fast ved stuetemperatur. For at applicere limen skal den typisk varmes op til over 195°C i en limpistol, det er med andre ord en termoplast. Efter fordeling på emnet køler den hurtigt af og danner alt efter den kemiske sammensætning egenskaber, der strækker sig fra blød og klæbrig til hård og stabil.

En videreudvikling af smeltelime findes som PUR (reaktiverbar polyuretan), den appliceres på samme måde som 'almindelig' smeltelim - altså termoplast, men overgår herefter til at være en hærdeplast. Polyuretanindholdet starter efter afkøling med at hærde ved hjælp af fugtigheden i materialet eller fugten i den omgivende luft. PUR lime er sammenlignelige med 'almindelig' polyuretanlim og kan ikke opløses efter hærkning.

Tape

Mange vil opfatte brugen af dobbeltklæbende tape som et 'quick fix', men den rette kombination af tape, materiale og konstruktion kan give udmærkede resultater. Den store udfordring er, at der skal være større fokus på overfladernes geometri - altså at de passer sammen - end ved flydende lime. Dobbeltklæbende tape hærder eller tørrer ikke. Limen er den samme på rullen, som den er i samlingen. De fleste konstruktions-lim-tape er baseret på akryl, hvor adhæsionen til emnerne opnås ved et kortvarigt højt presstryk, derefter vil limen langsomt 'befugte' overfladerne. Tapede samlinger er specielt velegnede til store flader. De tåler og modvirker vibrationer hen over samlingen.

Snøre sækken - resumé

Jeg håber, I nu forstår det grundlæggende omkring virkemåden af lim.

- Hvorfor og hvordan virker lim.
- Hvordan virker lim sammen med det der skal limes.

Med hundredtusinder af plastsammensætninger med hundredvis af limproducenter, der hver råder over hundredvis af lime, er det ikke muligt at give en skråsikker anbefaling til den enkelte situation. Heller ikke at placere dem præcist i den nævnte 'spændingsrækkefølge'. Spændingsrækkefølgen ligger centralt i problemløsningen og kan bruges til at finde den rette lim. For at rekapitulere: For at lim hæfter på et materiale, skal limen have lavere overfladespænding, end emnet der skal limes. De fleste producenter markedsfører 'limfortynder' til specifikke lime. Dette er ikke fortyndere i traditionel forstand, men netop væsker, der nedsætter overfladespændingen, og dermed gør det muligt at finde et match mellem lim og materialet, der skal limes.

Jeg håber, at dette papir kan bruges som et værktøj til at finde frem til den rette kombination af lim og problemløsning.