

2.3 Valg av lim

Limfuger gir relativt god spredning av lasten. Det er veldig skjelden at vi oppnår limfuger med jevn belastning over hele fugeflaten. Belastningen er som regel størst i fugens kanter. Jo hardere lim vi velger, desto større blir spenningskonsentrasjonene. Dette medfører, ofte unødvendig, stor belastning på limet og på den flaten vi limer til.

Regel: Velg aldri hardere lim enn nødvendig.

Valget av lim styres av limets funksjon og hva vi krever av limfugen, utfyllende lim, varmebestandighet, seighet, etc.

Ved liming må limet være flytende mens det blir påført, og mens delene føyes sammen. Overgangen fra flytende til fast form kalles “avbinding”, og den kan foregå etter 3 ulike flere prinsipper:

- a) *AVDUNSTING* (tørking)
Løsningsmiddel eller vann dunster bort (fordamper)
- b) *AVKJØLING* (størkning)
Limet er flytende når det er varmt og får sin bindeevne når det avkjøles.
- c) *HERDING* (polymerisering) ved
 - blanding
 - oppvarming
 - herderkontakt
 - miljøforandring, f.eks. fuktighet, UV-lys eller fravær av oksygen.

Istedenfor avbinding blir betegnelsen “herding” ofte brukt. Som det går fram av ovenstående, er herding ett av flere avbindingsprinsipper.

- a) *AVDUNSTING* (tørking)
LØSNINGSMIDDELBASERTE LIM:

I disse limene er bindemidlet, som er den klebende substansen, enten oppløst i et organisk løsningsmiddel eller dispergert i vann. Vi får altså 2 undertyper løsningsmiddelbaserte lim:

- **Løsningslim** - bindemiddel oppløst i organisk løsningsmiddel
- **Dispersjonslim** - bindemiddel dispergert (finfordelt) i vann

Avbindingen foregår ved at løsningsmidlet eller vannet får dunste bort (fordampe).

Betingelsen for at løsningsmidlet kan slippe bort er at minst ett av arbeidsstykkene består av porøst materiale. Ved avdunstingen krymper limet betydelig, da løsningsmidlet utgjør 50 - 80% av limets volum. Fugen bør derfor holdes under press mens limet tørker.

Ved liming av metall, plast eller gummi er denne limtypen vanligvis ikke brukbar ved enkeltliming, bare ved dobbeltliming med kontaktlim.

(Se også nedenfor om varmeaktiverbare lim.)

Enkeltliming vil si at det strykes lim på bare den ene av de to flatene som skal forbindes. Ved dobbeltliming blir det strøket lim på begge flatene, og denne fremgangsmåten er karakteristisk for kontaktlimene. En stryker lim på begge flatene, og sammenføyingen kan ikke skje før det meste av løsningsmiddelet er avdunstet. For kontaktlim trengs det bare et kortvarig press akkurat under sammenføyingen.

Kontaktlim inneholder natur- eller styrengummi. De er elastiske og har stor skrellestyrke, men de tåler ikke varig belastning av noen særlig størrelse.

Som konstruksjonslim har kontaktlim liten interesse, men gummiartene brukes ofte som tilsetning til andre slags lim for å gjøre dem mindre sprø.

De organiske løsningsmidlene er ofte enten brannfarlige eller helseskadelige eller begge deler. Dette må en ta hensyn til når en skal planlegge en produksjonsprosess.

Dobbeltsidig teip er å betrakte som tørkende lim som aldri tørker. Det er samme materiale i fugen som i rullen. Dobbeltheftende konstruksjonsteiper er praktiske, og benyttes for sammenføring av aluminiumprofiler, hvis belastningen er lav.

Det finnes dobbeltheftende konstruksjonsteiper i tykkelser fra 0,1 til 6mm.

b) AVKJØLING (størkning)

SMELTELIM OG AKTIVERBARE LIM:

Smeltelim er lim som er i smeltet tilstand når flatene presses sammen, og som får sin bindeevne gjennom avkjøling. Det finnes flere undertyper.

Faste lim er lim som blir påført i smeltet tilstand på kalde arbeidsstykker.

Det er først og fremst denne undertypen som kalles smeltelim.

De termoplastiske smeltelimene avkjøler ofte for fort på aluminium, slik at kontakten med aluminiumoverflaten blir dårlig. De har også veldig lav sige- og varmefasthet. Motstanden mot løsemidler og varme er dårlig. De har termoplastenes egenskaper og blir myke ved økende temperatur. Smeltelim bør unngås ved belastede konstruksjoner.

Type	Leveranseform	Temperatur (⁰ C)	Trykk ¹⁾ (N/mm ²)	Skjærfasthet ²⁾ (N/mm ²)	Skrellestyrke (N/mm)	Arbeidstemperatur min.-maks. (⁰ C)
Etylvinylacetat (EVA)	Fast, granulat, kaker	150 - 200	0 - 0,1	5 - 15	1 - 2	(-10) - 50
Polyester, termoplastisk	Fast, granulat, kaker	200	0 - 0,1	10 - 20	1,5 - 2	(-20) - 80
Polyamid	Fast, granulat	200 - 250	0 - 0,1	10 - 25	1 - 2	(-30) - 70
Herdende polyuretan	Fast	65 - 100	0 - 0,1	10 - 15	1 - 2	(-40) - 100

¹⁾ 0 angir bare trykk for å fiksure fugens deler

²⁾ skjærfasthet for aluminium mot aluminium ved 20⁰C

Tabell 2.3.1

Eksempler på smeltelim og retningsverdier på deres egenskaper. (3)

Aktiverbare løsninger minner om kontaktlimene.

Limopløsningen blir smurt på den ene flaten (enkeltliming). Etter at løsningsmidlet er avdunstet, må limsjiktet og arbeidsstykket varmes til limet smelter. Deretter presses delene sammen.

Denne prosessen kalles varmeaktivering, og limene kalles ofte varmeaktiverbare lim.

Disse limene består også av termoplastisk og har lignende egenskaper som smeltelim.

Disse limene benyttes også for foliebelegging av profiler.

Type	Leveranseform	Temperatur (⁰ C)	Trykk ¹⁾ (N/mm ²)	Skjærfasthet ²⁾ (N/mm ²)	Skrellestyrke (N/mm)	Arbeidstemperatur min.–maks. (⁰ C)
Nitril	Flytende, film	150 - 200	0,1 - 1	1 - 14	5 - 10	(-50) - 150
Polyuretan, termoplastisk av o til med herder	Flytende, film	100 - 150	0,1 - 1	5 - 10	2 - 4	(-200) - 70
Fenoxi	Flytende, film	190 - 350	0 - 0,2	24	1	(-60) - 80

¹⁾ 0 angir bare trykk for å fiksere fugens deler
²⁾ skjærfasthet for aluminium mot aluminium ved 20⁰C

Tabell 2.3.2

Eksempler på varmeaktiverbare lim og retningsverdier på deres egenskaper. (3)

Limfilm er lim som så å si er ferdig utspredd, i form av en film eller tynn folie.

Avbindingen foregår ved at hele "laminatet", arbeidsstykke – lim - arbeidsstykke, varmes opp under press og deretter avkjøles, også under press.

Løsningsmiddelbaserte lim, smeltelim og aktiverbare lim har flere felles egenskaper.

Ved limingen (avbindingen) er det bare fysikalske forandringer som skjer, og overgangen fra flytende til fast form er reversibel. Det betyr at de sammenlimte delene vil kunne falle fra hverandre igjen hvis forbindelsen blir utsatt for beslektede løsningsmidler eller for varme.

Fordelen ved smeltelim er først og fremst at de muliggjør en rask og enkel produksjon - limfugen får straks ved avkjøling sin fulle styrke. Det er også enkelt å kombinere liming med tetting, da limet kan legges tykt på uten fare for krymping.

For tørkende lim, altså dispersjonslim og løsningslim, er nettopp krymping en av de vesentlige ulempene - limvolumet minker nødvendigvis når løsningsmidlet forsvinner. Krympingen blir mindre hvis arbeidsstykkene blir nøyaktig tilpasset, slik at limfugen kan gjøres tynn. Skadevirkningen motvirkes ved at limfugen blir satt i press mens limet avbinder.

c) *HERDING*

HERDELIM:

Herdelim utgjør den store gruppen konstruksjonslim.

Karakteristisk for herdelimene er at overgangen fra flytende til fast form skjer ved en kjemisk reaksjon, som består i at det dannes et tredimensjonalt nettverk av molekyler.

Herdelim er altså herdeplast. Etter avbindingen (herdingen eller urtherdingen) har en et annet materiale enn det en hadde under limingen. Dette innebærer at den ferdige limfugen har høy varmeresistens og kjemikalieresistens - egenskaper som kjennetegner herdeplastene i sin alminnelighet. Det innebærer også at det urtherdede limet som regel er uskadelig, mens en må regne med at limet i brukstilstand er mer eller mindre helseskadelig.

Herdelim tilvirkes ved at det blir laget en blanding som er klar for herdereaksjonen.

Med 2-komponent-lim må blandingen skje like før bruken. Den ene komponenten kalles som oftest "lim", og den andre er enten "herder", "aktivator" eller "katalysator". Det tidsrommet en har til

disposisjon fra limet er blandet og til arbeidsstykkene må være lagt sammen, kalles brukstid. Den kan være fra noen minutter opp til noen timer.

1-komponent-lim kommer ferdig blandet fra fabrikken, og de har vesentlig lengre brukstid enn de forannevnte. Disse limene er tilsatt en latent (hvilende) herder, og herdeprosessen blir satt i gang enten ved oppvarming til 100 - 200⁰C eller ved påvirkning fra omgivelsene.

Noen typer er tilsatt en syreholdig stabilisator, som blir satt ut av funksjon av fuktighet.

Fuktigheten finnes i lufta og/eller som en tynn film på overflaten av arbeidsstykkene. Slik herder cyanoakrylat-limene, "hurtiglim", fordi de har så kort fikseringstid. Limet binder veldig hurtig, slik at den limte gjenstanden kan håndteres før limfugen har fått sin fulle styrke. Det kan likevel ta noen timer før full styrke er nådd.

I veldig tørr luft vil herdeprosessen bli forsinket og kanskje ufullstendig. Det samme gjelder hvis det er for stort gap mellom de flatene som skal limes, slik at det blir for stor limmengde i forhold til mengden av fuktighet på overflatene. Hvis det finnes sure stoffer på overflatene (for eksempel rester av en eller annen overflatebehandling), kan det hende at limet ikke avbinder i det hele tatt.

For noen andre lim virker oksygen inhiberende på herdeprosessen. (Oksygen opptrer som inhibitor.) Dette gjelder de anaerobe låsevæskene, som er metakrylater. Det er nok luft i limflasken til at væsken kan tåle lang lagring, men herdingen begynner når væsken blir innestengt i en trang spalte. Metallet i flatene virker dessuten som akselerator - det vil si at det påskynder prosessen.

Herdelim reagerer raskere og gir dessuten en sterkere fuge hvis de blir varmet opp under herdingen. For en del lim kommer dette av at viskositeten synker og molekylene får større bevegelse, derved blir det flere av de reaktive atomgruppene som "finner en partner" og får delta i nettverksdannelsen. Resultatet er en større bindingstetthet.

Denne oppvarmingen må skje i begynnelsen av herdingen. Selve herdeprosessen gjør at limets viskositet øker ved at molekylene låser seg. Det går altså ikke an å øke styrken i en herdelimfuge ved å varme den opp seinere.

Oppvarming øker dessuten limets evne til å oppløse urenheter. Dette er hovedårsaken til at varmeherdende epoksyylim setter mindre krav til rensing av arbeidsstykkene enn de fleste andre lim. - Flere slags lim er gode løsningsmidler i seg selv, og andre slag blir til dels tilsatt såkalte rensemidler.

Det finnes en svært stor mengde av forskjellige herdelim. De limtypene som er å få i vanlige forretninger, er bare et meget lite utvalg av alle som kan skaffes.

KORT OVERSIKT OVER HERDELIM:

Epoksygruppen er den som er best kjent fra dagliglivet (Araldit).

Det er da 2-komponenttypen vi tenker på. Som konstruksjonslim brukes like ofte varmeherdende typer av 1-komponentlim. De gir ofte en sterkere forbindelse. Se tabell 2.3.

Herding	Skjærfasthet (N/mm ²)	
	2-komponent	1-komponent
25 ⁰ i 18timer	16	
70 ⁰ i 50minutter	22	
150 ⁰ i 5minutter	29	
120 ⁰ i 40minutter		35

Tabell 2.3.3

Skjærfasthet i overlappskjøt aluminium / aluminium limt med epoksyrim og målt ved ca. 20⁰C. (11)

Epoksyrimene har god adhesjon til metaller, krymper lite og har god kjemikalie- og temperaturrestans. Spesielt de sterkeste av dem er litt sprø. (Se lim med gummiforsterkning.)

Temperatur (°C)	Skjærfasthet (N/mm ²)
-40	21,0
24	35,0
82	35,0
121	14,0
177	3,5

Tabell 2.3.4

Skjærfasthet i overlappskjøt aluminium / aluminium limt med 1-komponent epoksyrim. Skjøten er herdet ved 120⁰C i 40minutter, som er optimal herding for dette limet. (11)

Av **polyuretanlim** (PU-lim) finnes det også både 1-komponent- og 2-komponent typer. 1-komponent-PU-lim herder ved hjelp av fuktighet. En bruker ofte å dusje vann på den ene limeflaten eller direkte på limet for å akselerere herdingen og øke styrken. Hvis begge flatene er diffusjonstette, må fuktighet tilføres. Fuktherdende PU-lim eser litt under herdingen fordi det utvikles litt CO₂. Derved trenger limet bedre inn i porøse arbeidsstykker, fyller ujevnheter og forhindrer luftlommer mellom lim og grunnmateriale.

PU-lim brukes spesielt til tresjikt-konstruksjoner (sandwich-konstruksjoner) med kjerne av steinull, bikakeplate (honeycomb i f.eks. aluminium) eller forskjellige slags skumplast eller kompakt plast. Ytterplatene kan blant annet være av aluminium eller plast.

PU-limene har til en viss grad fortrenget epoksyrimene. Det kommer dels av at PU-lim lettere kan "skreddersys" til bestemte materialer og produksjonsprosesser, og dels av at de er billigere. Det sies også at de er mindre helseskadelige. Dette gjelder ikke ubetinget for 2-komponenttypene, da herderen avgir irriterende damp. (Epoksy kan gi allergi og eksem ved hudkontakt.) PU-herdelim har alt i alt egenskaper og bruksområder stort sett som epoksyene.

(Det finnes også polyuretanlim i gruppen løsningsmiddellim. De brukes bl.a. til laminering metall - metall, metall - gummi og metall - plast. Limfugen er elastisk helt ned til 60 °C.)

Polyestergruppen har sitt største bruksområde som en av hovedkomponentene i glassfiberarmert plast, men kan også benyttes som lim. De har høy viskositet og egner seg godt til oppbygging. (Merk: Det er umettet polyester vi snakker om her.)

Cyanoakrylatlimene og metakrylatlimene (anaerober), brukes mest til liming av smådeler. De vanligste typene har meget lav viskositet. De egner seg derfor som ettermonteringslim, da de kan trekkes inn i trange spalter av kapillærkraften. Måten de herder på, tilsier også liten fugetykkelse. Cyanoakrylatlimene er avhengige av det lille som finnes av fuktighet på limeflatene, og for metakrylatlimene må lufta stenges ute, de er anaerobe.

Cyanoakrylatene kalles "hurtiglim" fordi de avbindes så raskt. De kan brukes til en lang rekke forskjellige materialer. Det finnes også typer med høy viskositet - geléaktig konsistens. En limfuge mellom to aluminiumflater krever ofte noe lengere herdingstid enn mot plast og gummimaterialer.

Disse limene kan være anvendelige ved for eksempel liming av et plastmateriale til et aluminiumprofil.

Metakrylatene er best kjent som låse- og fastsettsingsvæsker. Disse er avhengige av metallioner for å herde. Men det er etter hvert kommet typer som fungerer som lim. De herder ved hjelp av aktivator, varme eller ultrafiolett lys, uavhengig av metallioner.

Lim	Skjærfasthet (N/mm ²)	Skrellestyrke (N/mm)
Epoksy, 2-komponent, herding ved romtemperatur	10 – 20	1 - 3
Epoksy, 1-komponent og 2-komponent, varmekherdende	7 – 30	1
Polyuretan, 2-komponent	12	2 - 7
Polyuretan, 1-komponent, fuktherdende	2 – 5	2 - 4
Anaerober	15 – 25	1 – 3
Cyanoakrylat	5 – 30	1 – 3

Tabell 2.3.5

Fasthetsverdier for noen herdelim.

Overlappskjøt i aluminium / aluminium målt ved 20°C. (11)

Lim på basis av **modifisert akryl** (elastomer metakrylat) er litt spesielle. De er lite følsomme for små mengder støv eller en tynn oljehinne, og er altså ikke så avhengige av nøyaktig rengjøring av limeflatene. Dessuten skal lim strykes på den ene flaten og aktivator på den andre - uten at en behøver å passe på et bestemt blandingsforhold.

Gummiforsterkede (seigjorte) herdelim.

Det brukes ofte å blande forskjellige limråstoffer, for eksempel å ta litt termoplast inn i herdelim, for å regulere egenskapene. Med gummiforsterkning menes her at det i limet er dispergert (finfordelt) kuleformede partikler av elastomer (gummi). Disse partiklene stopper sprekkvekst og gjør derved limfugen mindre sprø.

Slik seigjoring brukes for epoksy- og akrylgruppene av lim og for anaerobene. Vi snakker også om "ekstra sterke lim".

Noen kostbare og sjeldne limtyper kan også nevnes.

Silikonlimene finnes både som 1-komponent- og 2-komponentsystemer. De har veldig god kjemisk resistens, men den største fordel er at de tåler både varme (opptil 250⁰C) og kulde.

Polyimid- og polybenzimidazol-limene er enda mer varmebestandige. For polybenzimidazol-typen er det målt skjærfasthet (på rustfritt stål) 2,6 kN/cm² ved romtemperatur og 1, 1kN/cm² etter 24 timer ved 350⁰C.

De keramiske limene er beregnet på temperaturer helt opp til over 1000⁰C.

Tabell 2.3.6 viser noen eksempler på herdelim og retningsverdier på deres egenskaper.

Lim Type	Komponenter (antall)	Leveranseform	Liming Temperatur (°C) / tid	Egenskaper				Anvendelse
				Trykk ¹⁾ (N/mm ²)	Skjærfasthet ²⁾ (N/mm ²)	Skrellestyrke (N/mm)	Arbeidstemperatur min.-maks. (°C)	
Epoksy romtemp. herdende	2	Flytende	20/16h ³⁾ 100/20 min.	0 - 4	10 - 20	1 - 3	(-60) -95	Allround-liming
Epoksy varmeherdende	1 - 2	Flytende, fast	100-30min. 200/<1min.	0 - 2	7 - 30	1	(-60) -200	Høyt belastede konstruksjoner over 100°C
Epoksy-nylon	1	film	175/30min.	0 - 2	40	20	(-75) -95	Høyt belastede konstruksjoner
Epoksy-fenol	1	Film, flytende	175/30min.	0 - 1	7 - 18	<1	(-60) -300	Konstruksjoner over 100°C
Fenol-vinyl	1	Film, flytende	150/30min. 150/15min.	1 - 2	14 - 35	1,3 - 2	(-60) -100	Konstruksjoner
Fenol-nitril	1	Film, flytende	150/30min. 150/15min.	0- 1	14 - 38	3,5 - 8	(-50) -150	Konstruksjoner
Polyuretan	2	Flytende	20/6døgn	0 - 0,4	12	2 - 7	(-200) -90	
Polyuretan, Fukt-herdende	1	flytende	20/8h 70/5min.	0 - 0,5	2 - 5	2 - 4	(-100) -140	Spesielt til sandwich-konstruksjoner
Anarobe lim	1	flytende	20/10- 120min.	0 - 1	15 - 25	1 - 3	(-55) -175	For små flater metall mot metall
Cyano-akrylat	1	Tynn-flytende	20/5-600s	0,5 - 10	5 - 30	1 - 3	(-60) -100	Små flater Spesiell kombi. Metall / plast / gummi
Akryl-gummi	2	flytende	20/1-3min.	0 - 3	- 20	- 10	(-40) -130	Komp. spres på hver sin flate. Liming på ulikt met.
UV-lim	1	flytende	20/10s i UV-lys	0	10 - 14	-	(-55) -90	Metall mot metall
Silikon	1 - 2	Flytende, pasta	20/1-7døgn 250/1h	0	2	1,7 - 3	(-60) -250	Lite belastede konstruksjon over 200°C
Poyamid	1	Film, flytende	250/3h	0,3 - 0,7	19	4,5 - 5	(-190) -260	Konstruksjon ved høy temperatur

¹⁾ 0 angir bare trykk for å fiksure fugens deler
²⁾ skjærfasthet for aluminium mot aluminium ved 20°C
³⁾ hurtigere typer finnes

Tabell 2.3.6
 Eksempler på herdelim og retningsverdier på deres egenskaper. (3)