

Fugetætningsmaterialer

Af forskningschef, dr. Alexander Walter, Malmö.

1. Indledning.

I det følgende gives en oversigt over egenskaberne og funktionen for bevægelige (fleksible) fugekonstruktioner til bygningsbrug (f. eks. mellem facadeelementer eller -plader, væg og vindueskarme, tagplader m. m.) og fugetætningsmaterialer, som anvendes til tætning af sådanne fuger.

Fugernes bevægelsesfunktion (bevægelsernes størrelse og hastighed) afhænger blandt andet af byggematerialets art og størrelse, af temperatursvingninger, konstruktive detaljer m. m. og er kun i mindre omfang numerisk kendt. Dette gør det yderst vanskeligt at opstille eksakte egenskabskrav til fugetætningsmaterialet. De fastsatte prøvningsmetoder (f. eks. US-spec. TT-S-227b/1967 eller Bygg AMA 1965, side 105-109) er kun provisoriske og kun i begrænset omfang relevante med hensyn til fugens funktion i praksis.

Ved konstruktion af fuger og ved valg af egnet fugetætningsmateriale må man derfor i væsentlig grad støtte sig til praktiske erfaringer. Dette gælder såvel fugernes konstruktive udformning og funktion som fugetætningsmaterialernes fysiske egenskaber, profilering og dermed forbundne funktionelle egenskaber. Set på baggrund af den igangværende hastige udvikling vil denne beskrivelse kun få tidsbegrænset gyldighed og må korrigeres, respektive suppleres i samme takt, som udviklingen skrider frem.

Fugens funktion og fugetætningsmaterialets holdbarhed er endelig også i høj grad afhængig af, om anbringelsen sker på rette måde. Manglende omhu på dette punkt, medfører risiko for hele fugetætningsfunktionen.

En sekundær konsekvens af den ikke afsluttede udvikling er, at begrebsdefinitionen endnu ikke er fastsat. I beskrivelsen er det derfor nødvendigt i mange tilfælde at benytte selvkonstruerede udtryk og definitioner. Følgende opstilling skal lette beskrivelsen og på ingen måde foregribe eventuelle nomenklaturbestræbelser i denne retning.

2. Definitioner og begrebsforklaringer.

Nedenstående opstilling følger i det væsentlige Tekniska Nomenklatur Centralens rekommandationer, tillempet efter dansk terminologi. En del specielle udtryk defineres dog uden nogen alment fastslået regel.

1. **Indledning.**
2. **Definitioner og begrebsforklaringer.**
3. **Forskellige typer fugetætningsmateriale.**
4. **De i praksis forekommende anvendelsesområder.**
5. **Træk- og overlappingsfuger.**
6. **Fugens bevægelsesfunktion.**
7. **De vigtigste krav til fugetætningsmaterialets egenskaber**
8. **Egnet profilering for fugetætningsmasser.**
9. **Praktiske synspunkter.**

2.1 Fugens konstruktion. (se fig. 1, 2 og 3).

Fuge: Komplex bestående af fugekanter og derimellem anbragt fugetætningsmateriale.

Fugens bredde (b): Afstand mellem fugekanterne (mm).

Fugens dybde (d): Den dybde, hvori der udfyldes med fugetætningsmateriale til fugekanterne (mm).

Fugens indsnævring i midten (dmin): Fugetætningsmaterialets tykkelse i midten (mm).

Ofte anvendes også relationen mellem dmin og d.

Bundfyldning: Blødt fyldmateriale i fugens bund, som først og fremmest har betydning under fugearbejdets udførelse.

Trækfuger (tillige stødfuger): Fugeåbningen ligger mellem to elementkanter. Ved dimensionsændringer udsættes fugetætningsmaterialet for en kontraktion, respektive ekspansion. (Eksempel: Fuger mellem facadeplader).

Overlappingsfuger: Fugetætningsmaterialet er anbragt i overlapningen mellem to plader. Ved dimensionsændringer udsættes fugematerialet for en forskydning mod den ene eller anden side. (Eksempel: Fuger mellem tagplader).

2.2 Fugetætningsmaterialets egenskaber.

Plastisk formforandring: Irreversibel formforandring ved midlertidigt virkende, ydre deforma-tionskraft. (Begrebet „plastisk“ i forbindelse med fugetætningsmasser adskiller sig væsentligt fra den definition, som gælder for plasticprodukter. Her gælder følgende:

Blød-plastisk = kitkonsistens,
stiv-plastisk = lerkonsistens).

Elastisk formforandring: Reversibel formforandring ved midlertidigt virkende, ydre deforma-tionskraft.

Vedhæftning: Fugetætningsmaterialets evne vedhæftning til fugekanterne (kg/cm^2).

Udvidelseevne: Fugetætningsmaterialets evne til at udvide sig ved ydre kraftpåvirkning.

Brudforlængelse: Forlængelse af den oprindelige længde i % indtil brud indtræffer.

Elasticitetsmodul (tillige deformationsmodstand): Den kraft der skal til for at udvide fugetætningsmaterialet med 100% (kg/cm^2).

Koldflydning: Fugetætningsmaterialets egenskab til at ophæve en indre, elastisk spændingstilstand (plastisk andel af elasticiteten).

Hårdhed eller blødhed: Korresponderer til en vis grad med elasticitetsmodulet, d.v.s. et hårdt materiale har for det meste højt elasticitetsmodul.

2.3 Fugens funktion

Trækning: Afstandsændring mellem fugekanterne.

Forskydning: Forskydning af fugekanterne i retning mod elementets overflade.

Ekspansion: Udvidelse af fugen.

Relativ breddeændring ($\tilde{n}b$): Procentuel forandring af fugens oprindelige bredde.

3. Forskellige typer fugetætningsmateriale.

Fugetætningsmateriale forekommer i pastalig-nende, løs form som fugetætningsmasse med plas-tiske eller elastiske slutegenskaber og i præfabri-keret, profileret form som plastiske eller elastiske fugetætningslister.

3.1 Fugetætningsmasser.

Fugetætningsmasser kendetegnes ved deres indhold af blødt, plastisk bindemiddel, som enten bibeholder sin konsistens efter massens påføring (enkomponent-masse) eller som ved en kemisk re-aktion overgår til en hård eller gummielastisk til-stand (tokomponent-masse).

3.1.1 Fugetætningsmasser med plastiske slutegenskaber.

Denne type indeholder som hovedkomponent et blødt, ofte flydende bindemiddel i form af f. eks. tjære, beg, ikke-tørrende naturlige eller syntetiske olier eller i særlige tilfælde polymeriserede, bløde kunstharpikser. Foruden en varierende, dog som oftest en relativ stor andel af mineralsk fyldstof (f. eks. asbestfiber, kvartsmel, kaolin) iblandes ofte kvalitetsforbedrende tilsætningsmidler med føl-gende funktioner:

Harpikser: Øget vedhæftning.

Tørrende olier: Mindsket overfladeklæbrighed.

Natur- eller syntetisk gummi: Øget elasticitet.

Flygtigt opløsningsmiddel: Lettere anbringelse (men risiko for svind).

Påføringen sker i de fleste tilfælde ved rumtemperatur, hvilket indebærer, at fugemassens konsistens i fugen svarer til den bløde brugskonsistens. Specielle typer (f. eks. asfaltbitumenkombinationer eller blandinger af akrylatpolymerer med blødgø-ringsmiddel) opvarmes før brugen for at opnå en mere lavviskos konsistens. Efter anbringelsen og afkølingen får massen igen den mere stive konsistens. Ifølge Bygg AMA 1965 hører plastiske fugetætningsmasser til klasse B, d. v. s. at de skal (kun må) anvendes til fuger, som udelukkende skal kunne optage ubetydelige bevægelser. (Råd og anvisninger Bygg AMA 1965, G 11, side 106).

Plastiske fugetætningsmasser kan variere betydeligt med hensyn til deres egnethed og egenska-ber. Følgende alment gældende retningslinier kan gives: Stort indhold af ældningsbestandigt binde-middel giver større plastisk formbarhed, forbedret vedhæftning og varig tætningsfunktion. Særligt ældningsbestandige er syntetiske olier (olefiner) og akrylater.

Et lille indhold af tørrende olier medfører hindring på overfladen og forhindrer derfor overfladeklæbrighed og forurening af fugen. For stort indhold af tørrende olier forøger risikoen for genemtørring og revnedannelse.

Et lille indhold af opløsningsmiddel letter påføringen og tilslutningen mod fugekanterne. Det medfører dog samtidig risiko for massens svind med eventuel revnedannelse og mindsket vedhæftning som følge.

3.1.2 Fugetætningsmasser med elastiske slutegenskaber.

Fugetætningsmasser af denne type består af en blød pasta, som anbringes i fugen ved hjælp af en kitsprøjte (fugesprøjte). Derefter omdannes den blød-plastiske konsistens ved en kemisk reaktion til en blød-elastisk konsistens.

I de fleste tilfælde består elastiske fugemasser af en hovedkomponent (den egentlige tætningsmasse) og en hærdkomponent, som er ansvarlig for den kemiske omdannelse. Et rigtigt blandingsforhold og en homogen blanding af komponenterne er af meget stor betydning for hærdningens forløb. Hærdningsprocessen finder sted i et bestemt tidsrum. Massen stivner mere og mere, indtil den ikke længere kan påføres (potlife eller brugstid, som i de fleste tilfælde er 2–6 timer). Ved hærdetid forstås tidsintervallet mellem blanding og afsluttet hærdning (varierende mellem 24 timer og 1 uge).

Der findes også elastiske fugemasser af enkomponenttypen. Hærdkomponenten er allerede tilsat, men dens aktivitet er blokeret ved hjælp af et forhalingmiddel (inhibitor). Efter påføringen fordampes forhalingsmidlet, og den kemiske reaktion begynder.

Til trods for den enklere påføringsteknik er anvendelsen af denne type fugetætningsmasser af underordnet betydning, hovedsageligt på grund af, at hærdetiden er betydelig længere og desuden meget afhængig af temperaturen og den relative luftfugtighed.

3.1.2.1 Polysulfid-fugetætningsmasser.

En dominerende stilling indtager de såkaldte polysulfid-tætningsmasser. Et polysulfid er et svovlholdigt, organisk og tyktflydende synteseprodukt, som ved iblanding af peroxider - i de fleste tilfælde blydioxid - kan omdannes til en elastisk, gummilignende substans. (Det alment kendte varemærke for polysulfider er Thiokol).

Polysulfid-tætningsmasser består af en hovedkomponent (ca. 40–60% polysulfid, 10–20% blødgøringsmiddel og fyldstoffer for resten) samt en hærdkomponent (peroxid og blødgøringsmiddel).

Blandingsforholdet varierer mellem 20:1 og 10:1, afhængigt af fabrikatet.

Efter hærdningen har massen en hårdhed på mellem 15 og 40 Shore A, en brududvidelse på flere hundrede %, god vedhæftningsevne til de fleste byggematerialer og den er udmærket ældningsbestandig.

For at øge vedhæftningen til specielle materialer (f. eks. glas eller jern) og for at opnå større fugt- og vandbestandighed iblandes ofte vedhæftningsfremmende harpikser, f. eks. fenolharpikser. Disse kan dog i forbindelse med alkaliske bygningsmaterialer (f. eks. beton) give kraftige røde til rødbrune misfarvninger i fugekanten. Disse misfarvninger er vanskelige at fjerne. Polysulfidmasser, som indeholder fenolharpikser, må derfor undgås, når det drejer sig om tætninger mod beton.

I de fleste tilfælde behandles fugekanten med en primer (eller grunder) inden fugemassen påføres. Primerbehandlingen har til formål dels at forbedre vedhæftningen og dels at binde støv og andre løse partikler på fugekanterne.

En primer er en lavkoncentreret opløsning, bestående af et bindemiddel med gode vedhæftningsegenskaber og et flygtigt opløsningsmiddel. Følgende typer anvendes i praksis:

Klorkautsjuk-opløsning: Almindelig til enhver tætning mod beton og træ.

Silane-opløsning: Forbedret vedhæftning, i særdeleshed mod glas og ved stor fugtpåvirkning.

Isocyanat-opløsning: Til tætning mod blødgjort materiale, f. eks. blød PVC.

Polysulfid-tætningsmasser af enkomponenttypen har ikke fundet nævneværdig anvendelse i praksis, dels på grund af uensartet hærdningsforløb og dels på grund af ringe lagringsbestandighed.

3.1.2.2 Andre elastiske fugetætningsmasser.

Bortset fra polysulfidmasserne har kun de silicongummibaserede fugetætningsmasser af enkomponenttypen fundet praktisk anvendelse. Anvendelsen er dog stærkt begrænset på grund af høj pris og uensartet hærdning. Siliconmasserne indeholder en inhibitor, der forlænger hærdetiden og som fordampes efter påføringen. Hærdningen sker fra overfladen mod fugens indre. Overfladelaget hærdner i løbet af nogle timer, den fortsatte hærdning udføres i løbet af dage eller uger, afhængigt af fugens dybde og temperaturen.

Af fugetætningsmasser på udviklingsstadiet, som for øjeblikket mangler anvendelsesteknisk betydning, kan nævnes:

Uretan-tætningsmasserne består af en tokomponent blanding af isocyanatharpikser med specielle polyesterbindemidler og en tilsætning af blødgøringsmidler. De hidtil uløste problemer er blæredannelse (ved isocyanatharpiksens reaktion med luftens fugtighed under udvikling af kuldioxid), blødgøringsmidlets fordampning og hermed følgende tendens til sprødhed samt udvikling af en egnet brugskonsistens.

Hydraulisk reagerende tætningsmasser består af en blanding af en vandholdig gummidispersion og et hydraulisk bindemiddel (specielle cementtyper). Udviklingen er langt fremskreden og skulle medføre, at disse fugemasser kan anvendes på fugtigt underlag. Prisen er betydeligt lavere end prisen på polysulfid-masserne.

Ifølge Bygg AMA 1965 hører de elastiske fugetætningsmasser til klasse A, d. v. s. at massen skal kunne tåle fugebevægelser på $\pm 25\%$ (ved en normal fugebredde på 8 mm).

3.2 Fugetætningslister i profileret form.

Fugetætningslister af denne type kan bestå af en plastisk masse (jfr 3.1.1) eller af vulkaniseret natur- eller syntetisk gummi eller plastic, som ved ekstrudering, skæring eller anden mekanisk behandling er blevet fremstillet i profileret form. Fugetætningslisterens materiale kan være homogent (massive tætningslister), hult (slanger) eller porøst (celle-, skum- eller svampegummi respektive plastic). Det er at foretrække, at materialet består af neoprene, butylgummi, uretanplastic eller PVC-plastic. Samtlige disse materialer har god ældningsbestandighed. Med hensyn til tætningsfunktionen opdeles listetyperne bedst efter materialets fysiske form, d.v.s. homogen, hul eller porøs.

3.2.1 Homogene, profilerede tætningslister.

Profilerede lister af homogent materiale tillader praktisk taget ingen fugebevægelser på grund af det homogene materiales ringe formforandrings-evne. Hovedanvendelsesområdet er tætning af smalle fuger, f. eks. mellem metalvindueskarme og vinduesglas. Det er til fordel for god tætning, hvis fugeåbningen presses mekanisk sammen ved hjælp af konstruktive foranstaltninger. Forudsætningen for listens tætningsfunktion er, at profileringen nøje er afpasset efter fugens udformning, at anlægsfladerne er jævne, og at der kun forekommer minimale to-

lerancer i fugens udformning. Egnet basismateriale er plastiske masser (se 3.1.1), vulkaniseret gummi eller plastic.

3.2.2 Hule, profilerede tætningslister.

Hermed sigtes først og fremmest til tætningslister med rund, oval eller firkantet profil. Takket være materialets elasticitet kan det optage relativt store fugebevægelser. Forudsætningen er dog, at tætningslisten kan fæstnes til fugekanten (f. eks. ved limning), således at mellemrummet mellem listen og kanten er tætnet. Dette kræver desuden plane fugekanter.

Tætning i fugekryds og hjørner volder specielle vanskeligheder, som i mange tilfælde må løses ved hjælp af fugetætningsmasse i løs form.

3.2.3 Porøse, profilerede tætningslister.

Fugetætningslister af denne type anbringes som regel i fugen under kompression. Under forudsætning af at fugekanterne er plane, får man herved god tætning i anlægsfladen. Eventuel limning forbedrer forholdene. Tætningsfunktionen bestemmes hovedsageligt af formen for porøsitet. Der kan forekomme lukkede eller åbne celler.

3.2.3.1 Porøse tætningslister med lukkede celler.

Under hensyntagen til ovennævnte forhold og under forudsætning af god ældningsbestandighed kan man regne med et fuldt tilfredsstillende tætningsresultat. Man må imidlertid være opmærksom på, at materialets kompressionsegenskaber skal være så reversible som muligt. Dette medfører, at materialet efter en kompression vender tilbage til sin oprindelige form. Høj kompression nedsætter almindeligvis reversibiliteten. Fastlimning til fugekanterne forbedrer forholdene.

Lister af denne type anvendes i stor udstrækning til tætning af fuger mellem kondensfrie vinduer og vindueskarme.

Egnet basismateriale er først og fremmest butyl- og neoprenegummi.

3.2.3.2 Porøse tætningslister med åbne celler.

Lister af denne type kræver høj kompression (indtil 90%), for at der kan opnås luft- og fugttæthed. Ofte imprægneres det porøse materiale med tjære, blødgøringsmiddel eller anden ikke tørrende substans for at forbedre tætningsfunktionen. Risikoen for langsom indtørring er dog uundgåelig. Denne type forekommer f. eks. ved tætning af fuger mellem horisontalt liggende vægelementer af letbeton.

Egnet basismateriale er uretan- eller PVC-skumplastic.

4. De i praksis forekommende anvendelsesområder.

Følgende opstilling giver et alment overblik over anvendelsesområderne for de enkelte typer fugetætningsmateriale.

Opstillingen må betragtes som den af forfatteren anbefalede, og den udelukker ikke, at en anden (måske bedre) opfattelse kan være mere hensigtsmæssig. En absolut fast regel inden for dette område er utænkelig.

4.1 Fugetætningsmasser med plastiske slutegenskaber. (se 3.1.1)

Til trækfuger mellem elementer med ingen eller ringe bevægelse.

Til overlappingsfuger med forskydelig bevægelsesfunktion.

Til smalle fuger med ringe bevægelse.

Til tætninger mellem vindueskarm og murværk.

Til gulvfuger med ringe bevægelse (bitumentype).

4.2 Fugetætningsmasser med elastiske slutegenskaber. (se 3.1.2)

Til trækfuger mellem facadeelementer med bevægelse.

Til tætninger af kondensfrie vinduer.

Til tætninger omkring døre, vinduer, ventiler m. m.

Til tætninger af pladeforbindelser (specielt til tagkonstruktioner).

4.3.1 Homogene tætningslister (på basis af plastiske masser).

Til overlappingsfuger med forskydelige bevægelser.

Til tætning mellem vindue og karm.

Til tætning af smalle fuger.

4.3.2 Homogene tætningslister (på basis af vulkaniseret gummi eller plastic).

Til tætning mellem vindue og karm.

4.4 Hule tætningslister.

Til tætning af bevægelige fuger med glatte fugekanter.

Til tætning af metalkonstruktioner.

4.5 Porøse tætningslister med lukkede celler.

Til tætning af smalle fuger med ringe bevægelse.

Til tætning mellem karme og kondensfrie vinduer.

Til tætning af pladekonstruktioner og andre glatte bygningsmaterialer.

4.6 Porøse tætningslister med åbne celler.

Til tætning af horisontalfuger med ringe bevægelse og med kompression i fugen.

Angående anvendelsesteknikken for forskellige typer fugetætningsmateriale gælder følgende almene regel: Typerne 4.3.1, 4.3.2, 4.5 og 4.6 anbringes i de fleste tilfælde ved elementets montering.

Typerne 4.1 og 4.2 påføres almindeligvis efter monteringen ved sprøjtning.

Type 4.4 kan både anbringes før og efter monteringen.

5. Træk- og overlappingsfuger.

I praksis forekommer to fugetyper med vidt forskellige bevægelsesfunktioner: Træk- eller stødfuger og overlappingsfuger. (Se fig. 2 og 3).

Træk- eller stødfugerne kendetegnes ved, at fugeråbningen ligger mellem to elementkanter. Ved dimensionsændringer i elementet, f. eks. på grund af varmeudvidelse, ændres fugebredden, d. v. s. fugemassen udsættes for en sammenpresning, i modsat fald bliver resultatet en ekspansion af fugemassen. Som eksempler på en sådan fugetype kan nævnes fuger mellem stenfacadeplader, betonfacadeelementer eller fuger mellem vindueskarm og murværk.

Den anden type forekommer, når bygningselementerne monteres overlappende. I dette tilfælde udsættes fugemassen for en forskydning til den ene eller anden side, afhængigt af elementernes dimensionsændring. Fugetypen forekommer hovedsageligt ved tagbeklædningsplader af stål, aluminium eller asbestcement.

Desuden findes der adskillige andre fugetyper, som dog i de fleste tilfælde er afledt af en kombination af ovennævnte typer.

6. Fugens bevægelsesfunktion.

6.1 Trækfuger.

Ved trækfuger korresponderer fugens breddeændring ($\tilde{\Delta}b$) med elementets længdeændring. For at beregne fugens bevægelsesfunktion er det nødvendigt at undersøge elementbevægelsernes fremkomst, størrelse og varighed.

Den vigtigste årsag til bevægelse er materialeudvidelse på grund af temperaturændring, og den kan beregnes ved hjælp af følgende formel:

Udvidelse (i mm) = $\tilde{\Delta}b = \tilde{\Delta}T \cdot l \cdot m$
i hvilken $\tilde{\Delta}b$ = fugens breddeændring

$\tilde{N} T$ = maksimalt forekommende temperaturdifference,

l = elementets længde (i m) og

m = temperaturudvidelseskoefficienten i overensstemmelse med følgende materialeskala:

aluminium	0,024
sten, beton, stål, glas	0,012
træ	0,005

Desuden kan visse ændringer i fugens bredde også skyldes fugtpåvirkning, svind, vibrationer og eventuelle sætninger. De tre førstnævnte årsager er af samme størrelsesorden som temperaturudvidelsen, men den sidstnævnte ligger uden for beregningsmulighederne.

På grund af bestandigt varierende temperaturer er fugen udsat for stadige bevægelser. Disse bevægelser kan opdeles i to grupper:

6.1.1 Årscyklus.

Antager man en maksimal og en minimal temperatur på + 70°C respektive 30 °C, er den maksimale temperaturdifferens 100 °C, og efter ovenstående formel bliver den maksimale ændring i fugebredden ved et element på 1 m længde således 2,4 mm for aluminium, 1,2 mm for sten, beton, stål og glas samt 0,5 mm for træ.

6.1.2 Døgncyklus.

I løbet af et døgn kan man omtrent regne med maksimalt halvdelen af temperaturdifferencen for årscyklus, d. v. s. med max. 50 °C. De maksimale bevægelser i en døgnperiode er derfor også halvt så store som de under 6.1.1 nævnte værdier.

Ud fra den forudsætning at temperaturen ved fugemassens påføring normalt ligger på omkring

20 °C, medfører bevægelserne i sommertiden en kontraktion og i vintertiden en ekspansion i fugemassen. Man kan ganske vist regne med, at „vinterbevægelserne“ er mindre, men til gengæld er betingelserne i denne periode vanskeligere på grund af, at fugemassens formbarhed forringes ved faldende temperatur.

For alle disse betragtninger er en ting imidlertid af væsentlig betydning: Den absolutte størrelse af fugens breddeændring, $\tilde{N} b$ ifølge ovenstående definition, får først sin rette betydning, når den sættes i relation til fugens oprindelige bredde, eftersom den fundne værdi angiver den procentuelle formforandring, som fugemassen skal kunne optage for at opfylde sin tætningsfunktion.

Fugens procentuelle breddeændring

$$= \frac{\tilde{N} b}{b} \cdot 100\%$$

Ved forsøg har man målt fugebevægelsernes størrelse og hastighed og konstateret, at disse værdier kun i begrænset omfang er afhængige af de faktorer, som er baseret på fysiske data.

Fugebevægelsernes størrelse afhænger i praksis blandt andet af monteringsmetoden for bygnings-elementet, friktionen mod underlaget og lignende; det betyder, at bevægelserne som oftest er mindre end de teoretisk beregnede. Spændinger, opstået ved monteringen af elementet, kan dog medføre, at bevægelserne endog bliver større end beregnet. Endnu mere kompliceret er forholdet, når det drejer sig om bevægelsernes hastighed. Under normale betingelser er den meget langsom og følger elementets udvidelse eller kontraktion ved temperaturændring. Ved målinger i praksis har man dog konstateret meget hurtige bevægelser, som antagelig stammer fra materialespændinger i forbindelse med monteringsanordningen, den konstruktive udførelse eller lignende.

Disse faktorer er formentlig ofte årsag til mislykkede fugetætninger. Erfaringerne, om hvordan fugematerialet forholder sig ved meget langsomme eller meget hurtige bevægelser, er hidtil ret begrænsede, især når disse funktioner betragtes ved forskellige temperaturer.

Til tætning af trækfuger anvendes dels fugetætningsmasser, som påføres ved hjælp af fugesprøjte, og dels fugetætningslister, som skal have et til fugen passende profil. Fugetætningslisterne har dog et begrænset anvendelsesområde, mest på grund af uundgåelige ujævnheder på fugekanterne og tolerancer i fugeprofilen.

6.2 Overlappingsfuger.

For denne fugetype gælder samme regler for bevægelsesfunktionen, men fugematerialet udsættes desuden for en forskydning. Fugebredden, d. v. s. afstanden mellem elementerne, kan være meget lille og forskydningsbevægelserne relativt store. Det er årsagen til, at man i overlappingsfuger bedst anvender et blødt-plastisk tætningsmateriale og på denne måde får en slags „smørende“ tætning.

Under forudsætning af, at man anvender et fugemateriale med god ældningsbestandighed og vedhæftningsevne samt udfylder fugen omhyggeligt, vil der næppe være nogen vanskelighed ved at opnå et fuldtud godt resultat.

Egnet tætningsmateriale til denne fugetype skal i de fleste tilfælde bestå af en blød, som oftest olie- eller tjæreholdig pasta, som påføres ved hjælp af fugesprøjte. (Se 3.1.1).

Særligt ældningsbestandige er tætningsmasser baserede på olefiner af isobutylentypen. Men også profilerede tætningsbånd af lignende materiale kan forekomme. Et ubetinget krav er, at masserne, uafhængigt af temperaturen, bibeholder deres smidige og bløde konsistens.

7. De vigtigste krav til fugetætningsmaterialets egenskaber.

Der stilles bestemte krav til fugetætningsmaterialernes egenskaber, for at de skal kunne opfylde deres tætningsfunktion. Kravene kan opdeles i tre grupper:

- Påføring eller montering.
- Ældningsbestandighed.
- Smidighed ved fugebevægelser.

7.1 Påføring eller montering.

Påføringen gælder for fugetætningsmasser i løs form. Foruden at massen skal være let at påføre med fugesprøjte, skal den også have den egenskab at kunne flyde ind i fugen, så denne fyldes helt ud. Forudsætningen for at opnå god vedhæftning er, at fugeoverfladerne fugtes. Fugekanterne skal være tørre og rene. Det anbefales at grunde med primer; det er en vigtig sikkerhedsfaktor for at opnå den ønskede vedhæftning. (Se 9.2). Af æstetiske grunde er det desuden vigtigt at fugeoverfladen let kan udglattes.

7.2 Ældningsbestandighed.

God ældningsbestandighed i ordets videste forstand er en absolut forudsætning for fugetætningsens holdbarhed. De forekommende påvirkninger i denne forbindelse er først og fremmest naturlig stråling, temperatursvingninger, påvirkning af syrer og eventuelle industrigasser samt alkaliske påvirkninger fra byggematerialet.

Fugematerialets hårdhed må ikke forøges, fordi smidigheden ved fugebevægelser i så fald forringes betydeligt. Tendens til større hårdhed kan opstå ved langsomt stedfindende kemisk hærdning (elastiske masser) og ved fortsat oxidation eller fordampning af blødgøringsmiddel (plastiske masser). Blandt andre er følgende bindemidler særdeles godt ældningsbestandige:

Polysulfidgummi	Isobutyleneolie
Neoprenegummi	Asfalt
Butylgummi	Bitumen
Siliconegummi	

Risiko for ringe ældningsbestandighed kan findes i forbindelse med følgende bindemidler:

Blødgøringsmidler	Opløsningsmidler
Oxidativt tørende olier	Butadien-styren-gummi

7.3 Smidighed ved fugebevægelser.

En vigtig opgave for fugematerialet er, at det kan optage eventuelle bevægelser i fugen, uden at der sker brud i vedhæftningen eller i materialet. Anvendes hule eller porøse tætningslister (se 3.2.2 og 3.2.3.1) er dette problem af underordnet betydning, fordi disse tætningsmaterialer altid skal sidde i spænd og helst skal være limede til fugekanterne. Men problemet har yderst stor betydning for elastiske og plastiske fugemasser, da enhver fugebevægelse medfører en væsentlig forandring i fugemassens profil. Vigtige egenskaber i denne forbindelse er blandt andet fugemassens brudforlængelse, deformationsmodstand, hårdhed, trækstyrke, koldflydning og vedhæftning.

7.3.1 Brudforlængelse.

Den første forudsætning er naturligvis, at fugemassen kan udvide sig tilstrækkeligt, så brud ikke kan ske, selv ved maksimal fugeekspansion. Gummiteknisk betegnes dette som brudforlængelse, d. v. s. udvidelsen i procent af udgangslængden af prøveemnet, indtil brud indtræffer. En stor brudforlængelse er ønskværdig.

Brudforlængelse er i og for sig en materialeegenskab, som bestemmes ved hjælp af et prøveemne med bestemte dimensioner. Ændres disse,

ændres tillige brudforlængelsesværdien. Dette er meget vigtigt i praksis og fører til følgende konklusion:

Brudforlængelsen er - bortset fra materialeegenskaberne - afhængig af forholdet mellem bredde og dybde af fugemassens profil. Jo større denne værdi er, desto bedre er forudsætningerne for en stor brudforlængelsesværdi.

Der anbefales et forhold på mindst 2:1.

7.3.2 Deformationsmodstand (eller elasticitetsmodul).

Af meget stor betydning er deformationsmodstanden, d.v.s. den kraft, der skal til for al ekspan-

dere fugeprofilen. Ved gummitekniske undersøgelser anvender man begrebet E-modul (elasticitetsmodul), som angiver den kraft (i kg), som er nødvendig for at forlænge et prøveemne med tværsnit 1 cm² 100%. Fugemassers E-modul bør ligge så lavt som muligt for at undgå unødige kraftpåvirkninger på vedhæftningen og på elementmaterialet. Af særdeles stor betydning er dette for fuger med store bevægelser og for tætning af byggematerialer med ringe egenstyrke, f. eks. letbeton. Som retningsgivende tal for et passende E-modul kan nævnes 0,5-2,0 kg/cm² for fuger med stor ekspansion, medens større E-modul er egnet til fuger, der er udsat for store ydre mekaniske påvirkninger f.eks. gulvfuger.

7.3.3 Hårdhed eller blødhed.

Ved fugekontraktion får hårdheds- respektive blødhedsgraderne betydning. Hvis fugemassen er for hård, hindres elementet i udvidelse. Følgen bliver meget stærke spændinger i fugen, som i alvorligere tilfælde kan resultere i direkte mekaniske skader. I sådanne tilfælde tilrådes det at vælge en fugemasse af den relativt bløde type. I andre tilfælde er en relativ stor hårdhed dog ønskværdig, f. eks. til fugning af stengulve. Under forudsætning af at man ved et fugemateriale kan vælge mellem forskellige hårdhedsgrader, skal man afpasse hårdheden efter de specielle forhold, der gør sig gældende.

Til måling af hårdheds- respektive blødhedsgraden anvendes forskellige metoder. I de fleste tilfælde angives værdien i Shore-A-grader (hårdhed 0–100). En blød fugekvalitet bør have en hårdhed på ca. 15–30 Shore-grader. En „gulvkvalitet“ bør derimod ligge på ca. 30–50 Shore-grader.

7.3.4 Rivningsstyrke.

Rivningsstyrken angiver gummis egenskab til at modstå rivning. Den får betydning, når der i gummiet findes en svækkelse i form af en revne eller blære. Ved forekommende spændinger er der mere eller mindre chance for, at svækkelsen vil være udgangspunktet for en ødelæggelse. Det må tilstræbes at revnedannelsen ikke forværres ved forekommende spændinger i materialet. En lille håndprøve kan give et hurtigt og som oftest pålideligt resultat.

7.3.5 Koldflydning.

Ved koldflydning forstås et elastisk materiales tendens til ikke helt at genvinde sin oprindelige form efter en udvidelse eller en sammenpresning.

På en måde betyder koldflydningen altså, at det elastiske materiale også har visse plastiske egenskaber. Samtlige elastiske fugematerialer har en vis tendens til koldflydning, men man må stræbe efter at begrænse den mest muligt.

7.3.6 Vedhæftningskravene afhænger af E-modulet.

Foruden fugematerialets gummitekniske egenskaber er en tilstrækkelig vedhæftning af afgørende betydning. Vedhæftningen bestemmes i et almindeligt trækapparat og angives i kg/cm². En høj værdi er ganske vist en fordel, men vigtigst er, at vedhæftningskraften er større end deformationskraften ved maksimal ekspansion. Det betyder i praksis, at kravene til vedhæftningen mindskes i samme grad som E-modulets værdi bliver mindre. Tætning med masser med lavt E-modul giver derfor i de fleste tilfælde et bedre resultat.

Der findes en del metoder, ved hvilke man kan forbedre vedhæftningsegenskaberne.

Anvendes en passende grunding eller primer på fugekanten, forbedres ikke blot vedhæftningen, men primeren virker samtidigt som støvbinder. I den følgende redegørelse (se 8) vedrørende fugens geometriske udformning vil yderligere vigtige synspunkter angående vedhæftningsegenskaberne blive behandlet.

7.3.7 Relationer mellem forskellige gummitekniske egenskaber.

De absolutte værdier for de gummitekniskeegenskaber (f. eks. brudforlængelse, E-modul, hårdhed m. m.) er først og fremmest kendetegnende for den respektive gummitype eller gummiblanding. Der findes imidlertid visse relationer mellem de forskellige egenskabsværdier i samme gummiblanding som gør det muligt at drage omtrentlige konklusioner, når bare man kender en af egenskabsværdierne. Nedenstående tabel viser et typeeksempel på egenskabsværdier for 6 forskellige fugetætningsmasser på butylgummibasis:

Prøve nr.	Brudforlængelse %	E-modul kg	Koldflydning*)	Brudstyrke kg/cm ²	Hårdhed Shore-A
1	660	0,85	53	2,0	15
2	460	1,3	18	2,8	22
3	420	1,75	26	3,2	26
4	330	3,0	17	3,9	30
5	265	5,0	10	3,8	36
6	130	10,0	3	3,0	48

*) Målt 60 minutter efter, at materialet i 1 time var udvidet 100%.

Af tabellen fremgår, at der er en logisk sammenhæng mellem forskellige egenskabsværdier, således er brudforlængelsen og koldflydningen direkte proportionale, medens E-modulet og hårdheden er omvendt proportionale med brudforlængelsen.

Dette betyder i praksis, at valget af en egnet type fugemasse i de fleste tilfælde må blive et kompromis med hensyn til de ønskede gummitekniske egenskaber. Af sikkerhedsgrunde stræber man efter at vælge en fugemasse, som stiller så små krav som muligt til vedhæftningen. Man kan vælge en type med lavt E-modul (deformationsmodstand). Et lille E-modul betyder dog samtidigt, at der er risiko for, at massen har en betydelig koldflydning. Praktiske erfaringer har vist, at en type som prøve nr. 2 eller 3 er bedst egnet til tætning af facadefuger, medens en type som prøve nr. 5 eller også 6 bør foretrækkes til gulvfuger.

8. Eget profilering for fugetætningsmasser.

Foruden de omtalte materialeegenskaber hos fugetætningsmaterialet har også fugemassens profilering betydning for tætningsfunktionens holdbarhed. Herfor gælder følgende almene regler:

Jo bredere fugen er, desto mindre er den procentuelle udvidelse ved konstante fugebevægelser.

Udvidelseskraften (og dermed påvirkningen på vedhæftningen) stiger betydeligt med forøget fuge-dybde.

En indrunding i midten af fugemassens bundprofil øger udvidelsesevnen og mindsker påvirkningen på vedhæftningen ved samme fugeudvidelse.

Med disse tre regler som rettesnor og de praktiske erfaringer som baggrund har man opstillet følgende formler til hjælp ved fugetætningsmassers profilering:

Fugetætningsmasse	Fugemassens dybde
Klasse A	$d = \frac{b}{5} + 3 \text{ mm}$
Klasse B	$d = \frac{b}{5} + 8 \text{ mm}$

(b = fugens bredde).

For klasse A gælder desuden en minimum dybde på 4 mm (Bygg AMA 1965, G. 11, side 106).

Det anbefales at indsnævre fugens dybde i midten til $d_{\min} = \frac{2}{3} d$.

9. Praktiske synspunkter.

9.1 Projektering og montering.

De i foregående kapitel nævnte synspunkter kræver, at man allerede ved projekteringen af bevægelige fuger i en bygningsdel tager hensyn til de nødvendige forudsætninger, for at fugen skal kunne opfylde den ønskede funktion. Da man kun i undtagelsestilfælde i forvejen kan beregne fugens bevægelser, bør man holde sig til velafprøvede erfaringsresultater. Dette gælder særligt for fugens bredde, som helst bør være mellem 10 og 20 mm. Hvis bredden er mindre, er det dels vanskeligt at opnå den ønskede profilproportion mellem bredde og dybde på 2:1 (men minimum dybde på 4 mm), og dels løber man den risiko, at fugens udvidelsesprocent (d. v. s. fugens absolutte udvidelse i relation til fugebredden) bliver for stor. Hvis nemlig den absolutte fugebevægelse eksempelvis er 5 mm, er brududvidelsesprocenten

for en fuge på 5 mm :	100%
for en fuge på 10 mm :	50% og
for en fuge på 20 mm :	25%

Tager man i betragtning, at brudforlængelsesprocenten for et elastiskt materiale er proportional med trækkræften, og at sidstnævnte ikke må overstige vedhæftningskræften, forstår man, hvor stor betydning valget af passende bredde på bevægelige fuger har.

Det påhviler fugeentreprenøren at overholde principreglerne, når det drejer sig om den for fugemassen bedst egnede profil. Uden nærmere at komme ind på selve monterings teknikken er det først og fremmest nødvendigt at dosere tilførslen af fugemasse fra sprøjten på en sådan måde, at man får en fugeprofil i overensstemmelse med de angivne formler.

Ved en rund overflade på bundfyldning opnår man den konkave form på fugeprofilens underside (se 8), medens fugens overflade formes med sprøjtenes mundstykke eller ved efterbehandling med en specialudformet spartel.

9.2 Fugemassers vedhæftning til fugekanterne.

En vigtig forudsætning for fugemassens funktion er en tilstrækkelig vedhæftning til fugekanterne. Som allerede tidligere omtalt, skal vedhæftningskræften være større end udvidelseskraften ved fugens maksimale udvidelse.

Fugemassens vedhæftning til fugekanterne afhænger i høj grad af disses materiale. Ved tilsæt-

ning af stoffer, der fremmer vedhæftningen (hovedsageligt harpikslignende substanser), er det muligt at opnå udmærket vedhæftning til de fleste materialer. Visse fenolharpikser, som i princippet er særligt egnede til dette formål, og som endog giver gode resultater i forbindelse med vand- og fugtpåvirkning, kan dog ikke anvendes til fugning af alkaliske materialer (beton, asbestcement, marmor og lignende) på grund af risikoen for meget besværlige misfarvninger. Nogen generel regel for fugemassers vedhæftning kan man ikke opstille, fordi vedhæftningen i høj grad afhænger af klæbefremmende harpikstilsætninger. Man må følge fabrikanternes forskrifter. Gennemgående er forudsætningen dog, at fugekanten er ren, støvfri og tør. Vedhæftningsvanskeligheder kan opstå i følgende tilfælde:

- a. Ved overflader med en belægning, der modvirker vedhæftning, f. eks. formolie, siliconeimprægnering, voks, fedt, olie og visse farvestoffer.
- b. Ved visse materialer, som blødgjort PVC, forzinket plade, bly, forskellige bløde gummityper. (På polyethylen kan man ikke opnå vedhæftning i det hele taget).
- c. Ved porøse overflader, f. eks. beton, letbeton, ubehandlet træ og lignende.

d. Ved fuger, hvis kanter er udsat for direkte ultraviolet bestråling (f. eks. glas) eller for stærk fugt- eller vandpåvirkning.

I samtlige nævnte tilfælde anbefales det at bruge grundingsmateriale (såkaldt primer) og at rense fugekanterne. Fugningsfirmaerne er inde i disse problemer. I særligt kritiske tilfælde bør fugemassefabrikanten rådspørges.

9.3 Valg af egnet bundfyldningsmateriale.

Bundfyldningen i en fuge har til opgave at holde fugemasse-mængden på en bestemt dosis og at lette udførelsen af en bikonkav fugeprofil. Bundfyldningsmaterialet skal være blødere end fugemassen (efter hærdeningen) og skal helst bestå af en rund, blød cellegummi- eller skumplasticliste med lukkede porer. Listen anbringes så dybt inde i fugen, at man ved fugemassens påføring opfylder de i afsnit 8 nævnte krav til fugeprofilets udformning. Bundfyld af stift materiale eller løst værk har i praksis vist sig at være uegnet. Førstnævnte hindrer fugemassens bevægelsesevne, sidstnævnte kan bringe massens vedhæftning til fugekanterne i fare samt forhindre den bikonkave udformning af fugeprofilet.

A. Walter.

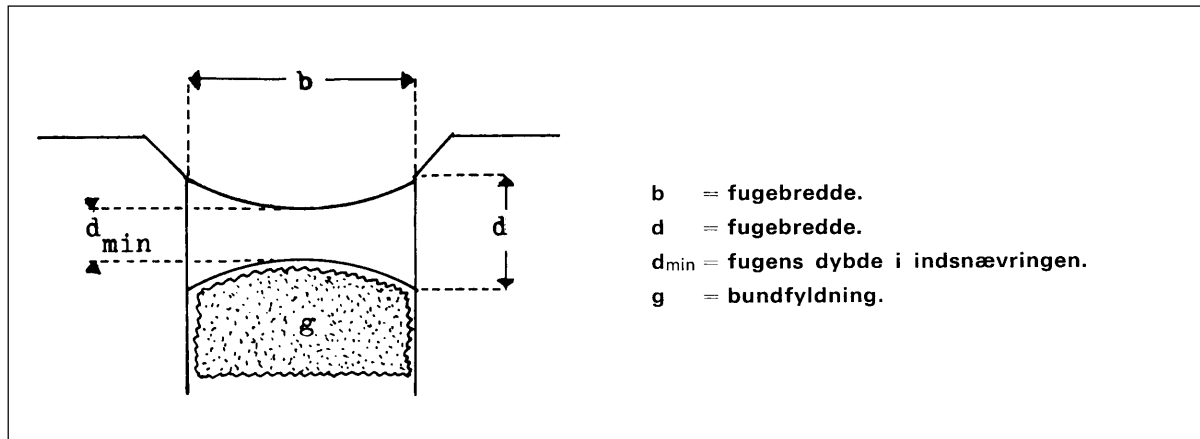


Fig. 1. Fugekonstruktionens princip.

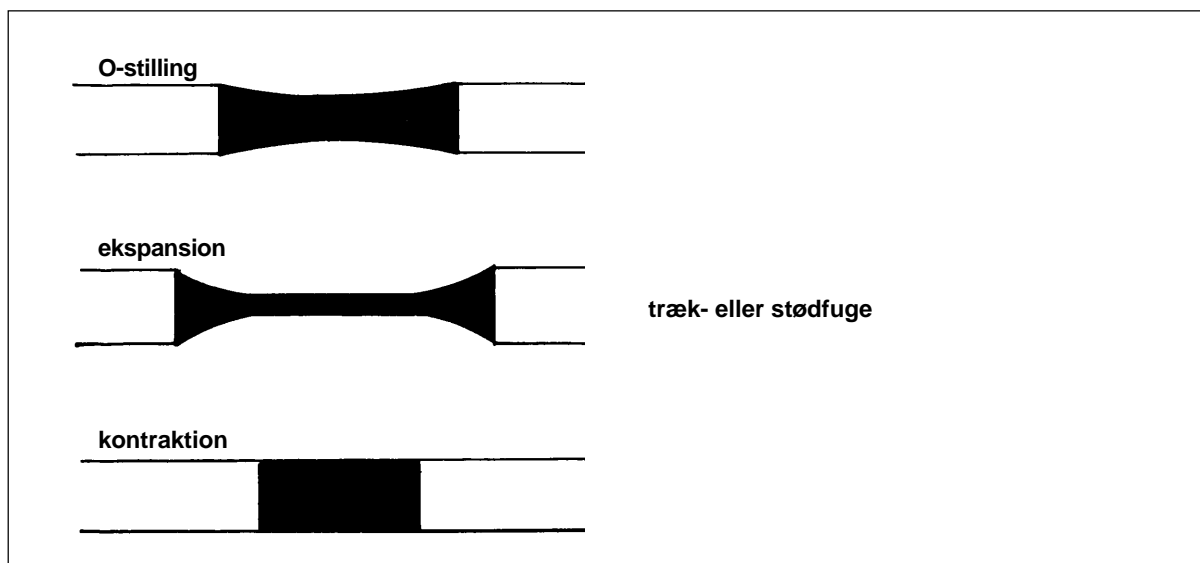


Fig. 2. Træk- eller stødfuge.

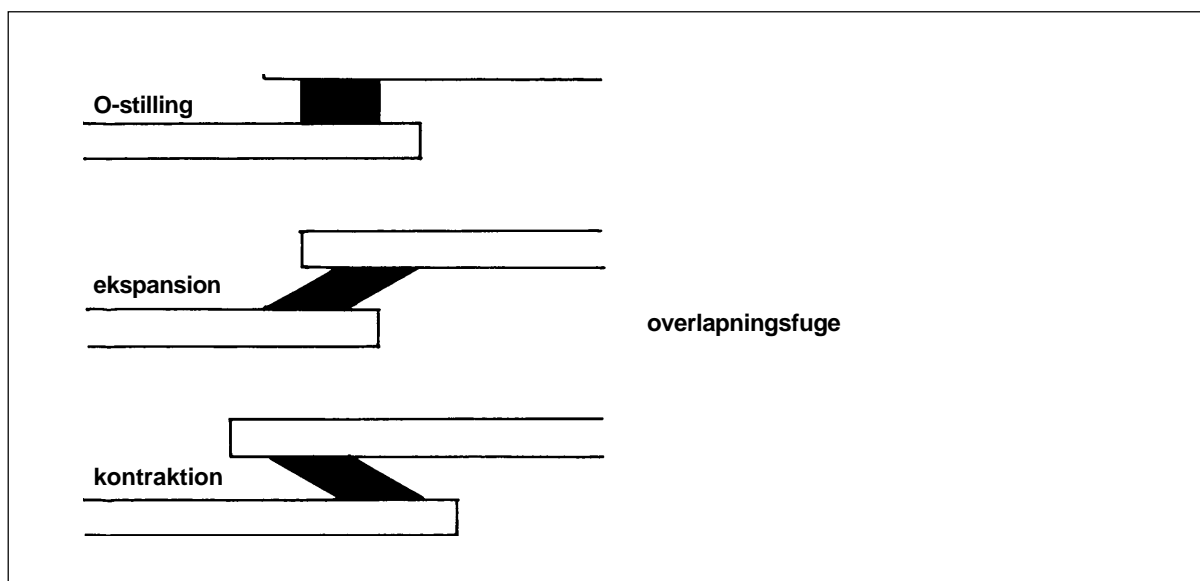


Fig. 3. Overlappingsfuge.