



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **315601**

(13) B1

(51) Int Cl⁷

C 04 B 14/06, 38/08, C 08 K 3/36,
C 09 J 1/00

Patentstyret

(21) Søknadsnr	19971792	(86) Int. inng. dag og	
(22) Inng. dag	1997.04.18	søknadsnummer	1995.10.10, PCT/EP95/03989
(24) Løpedag	1995.10.10	(85) Videreføringsdag	1997.04.18
(41) Alm. tilgj.	1997.04.18	(30) Prioritet	1994.10.20, DE, 4437424
(45) Meddelt dato	2003.09.29		

(71) Patenthaver	Cabot Corp, 75 State Street, Boston, MA 02109-1806, US
(72) Oppfinner	Gerhard Geiss, D-65835 Liederbach, DE Hans-Karl Müller, D-65451 Kelsterbach, DE Werner Prass, D-55130 Mainz, DE Ude Scheunemann, D-65835 Liederbach, DE Andreas Zimmermann, D-64347 Griesheim, DE
(74) Fullmektig	Zacco Norway AS, 0106 Oslo

(54) Benevnelse **Blanding inneholdende en aerogel, dens fremstilling og anvendelse**

(56) Anførte publikasjoner US 4749590, US 3122520, EP B 31166, GB 655612

(57) Sammendrag

En blanding inneholdende 30 til 95 volum -% aerogelpartikler og minst et vandig bindemiddel. Aerogelpartiklene oppviser en diameter på under 0,5 mm og aerogelpartiklene oppviser fortrinnsvis hydrofobe overflategrupper.

Blandingens fremstilling beskrives.

Blandingens finner særlig anvendelse ved fremstilling av isolasjonsmaterialer, adhesiver og/eller folier samt som hjelpemiddel i elektroteknikken.

Foreliggende oppfinnelse angår en aerogelholdig blanding. Oppfinnelsen angår også en fremgangsmåte for fremstilling av en slik aerogelholdig blanding og blandingens anvendelse.

- 5 Foreliggende oppfinnelse angår således en blanding som inneholder 30 til 95 volum-% aerogel-partikler og minst et vandig bindemiddel.

Aerogeler og særlig slike med porøsiteter på over 60 % og densiteter under 0,6 g/cm³, oppviser på grunn av sin lave densitet og høye porøsitet en ytterst lav termisk ledenevne
10 og finner derfor anvendelse som varmeisolasjonsmaterialer slik det er beskrevet i EP-A-0 171 722.

Den høye porøsitet fører imidlertid også til lav mekanisk stabilitet både i gelen hvorfra aerogelen tørkes, og også for den tørkede aerogel.

15

Det er likeledes kjent at aerogeler oppviser usedvanlig lave dielektrisitetskonstanter med verdier mellom 1 og 2, alt efter aerogelens densitet. Aerogeler er derfor også predestinert for elektroniske anvendelser, for eksempel for høyfrekvensanvendelser (se for eksempel S.C.W. Hrubesch et al., "J. Mater.Res." Vol. 8, nr. 7, 1736-1741).

20

Ved siden av de ovenfor beskrevne mangler ved aerogelene er det ugunstig for elektroniske anvendelser at den dielektriske tapsfaktor er høy. Det er kjent at tapsfaktoren på den andre overflate økes ved hydrofile og polare overflategrupper henholdsvis adsorberte molekyler.

25

Aerogeler fremstilles ved tørking av en egnet gel. Derved betegnes en tørket gel som aerogel når væsken i gelen er fjernet ved temperaturer over den kritiske temperatur idet man går ut fra trykk over det kritiske trykk. Når væsken i gelen i motsetning til dette fjernes under dannelse av en væske-damp-grensefase, betegner man den dannede gel
30 ofte som Xerogel. Hvis ikke annet er sagt omfatter anvendelsen av begrepet "aerogel" i foreliggende søknad også Xerogeler samt blandinger av disse.

Formgivningsprosessen for aerogelene avsluttes under sol-gel-overgangen. Efter tildanning av den festegelstruktur kan den ytre form nu kun forandres ved knusing, for eksempel oppmaling.
35

For mange anvendelser er det dog nødvendig å anvende aerogelene i bestemte former. For dette er det nødvendig, i tilknytning til aerogelfremstillingen, altså etter tørkingen, å gjennomføre et formgivningstrinn uten at det skjer noen vesentlig endring av den indre struktur av aerogelen med henblikk på anvendelsen.

5

Således beskrives det i EP 0 377 301-A en stabil, pumpbar, vandig suspensjon hvis innhold av amorf kieseljord dog er begrenset til 5 til 15 vekt-%. På grunn av det lave innhold av kieseljord er riktignok dannelsen av en stabil, pumpbar, vandig suspensjon mulig, en anvendelse som varmeisolasjonsmateriale er dog utelukket på grunn av det lave innhold av kieseljord.

10

I EP 0 340 707 beskrives det et isolasjonsmateriale med en densitet på 0,1 til 0,4 g/cm³ og som består av minst 50 volum-% silica-aerogel-partikler med en diameter på mellom 0,5 og 5 mm og som er forbundet med hverandre ved hjelp av minst et organisk og/eller uorganisk bindemiddel. Den relativt grove korning bevirker at de fremstilte isolasjonsmaterialer ikke har noe enhetlig utseende bilde, noe som er ugunstig for mange anvendelser. Særlig for elektroniske anvendelser er det nødvendig med særlig tynne sjikt (0,5 mm) som imidlertid ikke kan fremstilles ved hjelp av de ovenfor beskrevne aerogel-partikler.

15

Videre er det, på grunn av aerogelens grove korning, ikke mulig å fremstille folielignende varmeisolasjonslegemer med en tykkelse på under 0,5 mm. Tykkere foliesjikt lider imidlertid også under de relativt store aerogelpartikler i forhold til folietykkelsen da det fremfor alt i kantområdene er nødvendig med en øket bindemiddelandel som i sin tur virker negativt på den termiske ledningsevne og de elektroniske egenskaper i den tørkede folie eller det tørkede varmelegeme.

20

I EP-A-0 340 707 beskrives det videre en fremgangsmåte i henhold til hvilken aerogel-partiklene belegges og/eller blandes med et bindemiddel og der den oppnådde masse så herdes ut i en form. På grunn av den store densitetsforskjell mellom aerogelen og det uorganiske og/eller organiske bindemiddel og størrelsen av aerogelpartiklene, har den blandede masse en tendens til separering, det vil si at den er ustabil over slike lengre tidsrom som er nødvendig for anvendelse og lagring. Som følge av dette kan formgivningen skje kun ved relativt hurtig utharding av den blandede masse i en omhyllende form og skje under forringelse av densitetsforskjellen mellom aerogelpartiklene og bindemidlet, for eksempel idet bindemidlet i tillegg er skummet.

25

30

35

Da bindemidlet utøver en avgjørende innflytelse på den senere termiske ledningsevne for det tørkede formlegemet har skummingen av bindemidlet således en ytterligere betydning. Hvis man nemlig lar bindemidlet herde til et massivt faststoff uten skumming resulterer dette i en typisk høy termisk ledningsevne.

5

På grunn av oppskumming kan man nu, som beskrevet i DE 44 04 701-A, redusere andelen av bindemiddel, hvorigjennom det gir seg en lavere, termisk ledningsevne.

Skummingen er dog et ytterligere og komplisert fremgangsmåtettrinn som må skje in situ, noe som medfører anvendelsen av drivmidler. For elektroniske anvendelser er en

10 skummingsteknikk ikke brukbar.

Ut over dette oppviser de ifølge '707 supra anvendte partikler ingen langtidsstabilitet, noe som er nødvendig for lagring av den vandige blanding, da OH-gruppene i aerogelpartiklene kun er forestret med metanol. Slike estergrupper er imidlertid hydrolyse-

15 ømfintlige slik det for eksempel er beskrevet av R. Iler i "The Chemistry of Silica", Wiley & Sons, 1979, s. 649.

Den oppgave som ligger til grunn for foreliggende oppfinnelse er derfor å tilveiebringe en aerogelholdig blanding som oppviser en for den angjeldende anvendelse tilstrekkelig

20 homogen struktur, som er stabil over lengre tid og derved godt kan lagres, hvis aerogelpartikler er hydrolysestabile og hvorved det er mulig å anvende vann som oppløsningsmiddel, og som på grunn av sammensetningen på enkel måte kan tørkes.

Ytterligere en oppgave for oppfinnelsen er det å tilveiebringe en blanding som oppfyller de ovenfor angitte kriterier men som i tillegg efter tørkingen oppviser en god vedhefting til substratoverflater. Nok en oppgave for oppfinnelsen er det å tilveiebringe en blanding

25 som i tørket tilstand oppviser en lav dielektrisitetskonstant og en lavest mulig dielektrisk tapsfaktor.

Foreliggende oppfinnelse har til hensikt å forbedre den kjente teknikk og angår som antydnet innledningsvis en blanding inneholdende 30 til 95 vol-% av aerogelpartikler og minst et vandig bindemiddel, og denne blanding karakteriseres ved at partikkeldiameteren for aerogelpartiklene er mindre enn 0,5 mm og at aerogelpartiklene varig oppviser

30 hydrofobe overflategrupper på den indre overflate.

35

Partikkeldiameteren er beregnet på den midlere diameter for de enkelte aerogelpartikler da aerogelpartiklene på grunn av fremstillingsmåten, for eksempel ved oppmaling, ikke

nødvendigvis oppviser en sfærisk form. Fordelingen av partikkeldiameteren retter seg etter anvendelsen. Således kan det for elektroniske krav være ønskelig med en mest mulig homogen struktur, det vil si en snever fordeling. Hvis det for anvendelsen er nødvendig at en høy volumandel (større enn 66 %) aerogelpartikler anvendes i blandingen, kan
 5 fordelingen være bredere eller sågar bimodal. I ethvert tilfelle retter den øvre grense av partikkeldiameteren seg etter kravene til den krevde homogenitet og lagringsstabilitet for blandingen. Derfor kan det kun anvendes aerogelpartikler som oppviser en diameter mindre enn 0,5 mm.

10 Ved et innhold av aerogelpartikler som ligger signifikant under 30 volum-% i blandingen vil, på grunn av den lave andel av aerogel-partikler, de positive egenskaper i blandingen i høy grad gå tapt. En slik blanding vil ikke mer oppvise de for aerogelpartikler typiske høye porøsiteter, lavere densiteter samt lav varmeledningsevne.

15 Et innhold av aerogelpartikler som ligger signifikant over 95 volum-% vil føre til et bindemiddelinhold på under 5 volum-%. I dette tilfellet ville andelen av bindemiddel være for lav i tørket tilstand, det vil si etter fjerning av bindemiddelvannet, til å kunne gi en tilstrekkelig forbindelse mellom aerogelpartiklene seg imellom.

20 Fortrinnsvis ligger andelen av aerogelpartikler i området 50 til 90 volum-%, aller helst i området 50 til 80 volum-%.

Ifølge oppfinnelsen er partikkeldiameteren for aerogelpartiklene mindre enn 0,5 mm og fortrinnsvis mindre enn 0,2 mm. For elektroniske anvendelser kan diameteren være
 25 ennu vesentlig mindre. Aerogelpartikler hvis midlere diameter er større vil i oppfinnelsens blandinger, som som regel er en suspensjon, føre til en uhomogen, det vil si ujevn, fordeling, på grunn av densitetsforskjellene i forhold til det vandige bindemiddel og størrelsen av aerogelpartiklene. Ut over dette vil de på grunn av partikkelstørrelsen gi problemer, for eksempel ved anvendelse av suspensjonen for fremstilling av tynne folier
 30 eller formdeler.

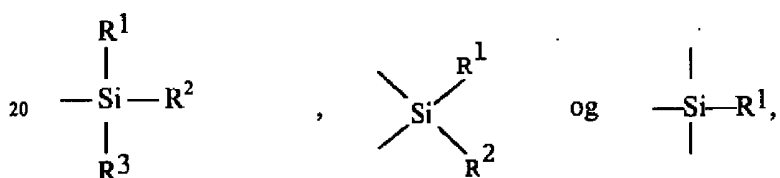
Dielektrisitetskonstanten for den tørkede blanding bør for elektroniske anvendelser fortrinnsvis være mindre enn 2. I tillegg bør tapsfaktoren være lavest mulig.

35 Egnede aerogeler for oppfinnelsens blandinger er slike på basis av metalloksyder som er egnet for en sol-gel-teknikk (C.J. Brinker, G.W. Scherer. "Sol-Gel-Science", 1990, kapittel 2 og 3, som for eksempel Si- eller Al-forbindelser eller slike på basis av organiske

stoffer som er egnet for sol-gel-teknikk, for eksempel melaminformaldehydkondensater (US-A-5 086 085) eller resorcinformaldehydkondensater (US-A-4 873 218). De kan også være basert på blandinger av de ovenfor nevnte stoffer. Fortrinnsvis anvender man aerogeler inneholdende Si-forbindelser, særlig SiO₂-aerogeler og helt spesielt SiO₂-xerogeler. For reduksjon av strålingsbidraget i varmeledningsevnen kan aerogelen inneholde IR-opasitetsmidler som sot, titandioksyd, jernoksyder eller zircondioksyd eller blandinger derav.

Ut over dette gjelder det at den termiske ledningsevne for aerogelene avtar med tiltagende porøsitet og avtagende densitet. Av denne grunn er aerogeler med porøsiteter over 60 % og densiteter under 0,6 g/cm³ foretrukket.

For stabilisering av den vandige suspensjon er det nemlig fordelaktig, selv om det på den indre overflate av aerogelen kovalent er tilstede hydrofobe grupper, at disse ikke avspaltes under vanninnvirkning. Egnede grupper for varig hydrofobering er mono-, di- eller trisubstituerte silylgrupper med den generelle formel



der

R¹ er et hydrogenatom eller en ikke-reaktiv, organisk, lineær, forgrenet, cyklisk, aromatisk eller heteroaromatisk rest, fortrinnsvis en rett, forgrenet eller cyklisk C₁₋₁₈-alkylrest eller en C₆₋₁₄-arylrest, samt R² og R³ uavhengige av hverandre er like eller forskjellige og betyr et hydrogenatom eller en ikke reaktiv, organisk, rett, forgrenet, cyklisk, aromatisk eller heteroaromatisk rest, fortrinnsvis rett, forgrenet eller cyklisk C₁₋₁₈-alkylrest, en C₆₋₁₄-arylrest, en OH- eller en OR'-gruppe, hvorved R' er en rett eller forgrenet C₁₋₆-alkylrest, fortrinnsvis trialkyl- og/eller triarylsilylgruppe.

Særlig foretrukket er det når R¹, R² og R³ uavhengig av hverandre er like eller forskjellige C₁₋₆-alkyl-, cykloheksyl- eller fenylgrupper.

Spesielt fordelaktig for varig hydrofobering av aerogelen er anvendelsen av trimetyl- og dimetylsilylgrupper. En innføring av disse grupper kan skje som beskrevet i WO 94/25

149 eller det kan gjennomføres ved gassfasereaksjon mellom aerogelen og for eksempel et aktivert trialkylsilanderivat, for eksempel et klortrialkylsilan eller et heksoalkyldisilazan (se for eksempel R. Iler, "The Chemistry of Silica", Wiley & Sons, 1979). Sammenlignet med aerogeler som utelukkende oppviser OH-grupper på de indre overflater reduserer det således fremstilte hydrofobe overflategrupper den dielektriske tapsfaktor ytterligere. Som vandig bindemiddel anvendes fortrinnsvis vandige dispersjoner som også kan anvendes som bindemiddel for farver, lakker og adhesiver. Det vandige bindemiddel karakteriseres ved at det minst inneholder en organisk polymer og/eller uorganisk bindemiddel, dispergert i vann, og der vanninnholdet er mindre enn 90 % (v/v).

Slike dispersjoner kan oppnås i et stort variasjonsområde, og som kommersielle produkter. Som eksempler skal her nevnes: vinylacetat-homo- og kopolymerdispersjoner, etylenvinylacetat-dispersjoner, styren-akrylat- og styren-butadien-kopolymerdispersjoner og akrylat-dispersjoner.

I tillegg egner seg også uorganiske bindemidler som vannglass, vandige oppløsninger av sjiktsilikater eller kolloid-SiO₂. Også egnet er blandinger av uorganiske og/eller organiske bindemidler.

Dispersjonene kan være stabilisert både ved hjelp av tensider og ved hjelp av beskyttelseskolloider, hvorved også en stabilisering ved kombinasjon av et eller flere beskyttelseskolloider med et eller flere ioniske og/eller ikke-ioniske tensider, er mulig.

Bindemidlet må ha en god fordragelighet med aerogelen. Etter behov kan det også anvendes bindemidler som etter tørking fører til en vannfast forklebing av aerogelpartiklene. En slik vannfasthet kan oppnås ved kjente metoder, for eksempel formetning. Av fordel er videre når tørrstoffinnholdet i bindemidlet er høyest mulig og volumandelen i blandingen med aerogelen er lavest mulig.

For å oppnå formstabile og hårde formlegemer velges en dispersjon der glassovergangstemperaturen for polymeren ligger over romtemperatur. Omvendt er det for fremstilling av myke isolasjonsstoffer nødvendig å velge en dispersjon der glassovergangstemperaturen for polymeren ligger under anvendelsestemperaturen.

For termiske anvendelser kan det videre være av fordel når det foreligger fibre i blandingen. Som fibermateriale kan man anvende uorganiske fibre som glassfibre, mineralfibre, silisiumkarbidfibre eller karbonfibre, videre også organiske fibre som polyester-

fibre, aramid-fibre eller nylonfibre. Fibrene kan også være belagt, for eksempel polyesterfibre som er metallisert med et metall som aluminium.

- Brannklassen for de etter tørking oppnådde legemer bestemmes av brannklassen for aerogelene og bindemidlene samt eventuelt fibermaterialene. For å oppnå en gunstigst mulig brannklasse (lite antennelig eller ikke brennbar) for kompositt-materialet bør bindemidlet bestå av uorganiske bindemidler og fibrene av ikke-brennbart materiale, for eksempel mineral- eller glassfibre, eller av tungt antennelige fibre som melaminharpikser av spesielle polyesterfibre ("CS"), eller polybenzimidazoler (PBI).

10

For å unngå en økning av varmeledningsevnen på grunn av de tilsatte fibre bør

- a) volumandelen av fibrene være 0,1 til 30 % og fortrinnsvis 1 til 10 %, og
- b) varmeledningsevnen fortrinnsvis være mindre enn 1 W/mK.

- 15 Ved egnet valg av fiberdiameter og/eller -materiale kan strålingsbidraget til varmeledningsevnen reduseres og det kan oppnås en høyere mekanisk styrke.

Derved bør fiberdiameteren ved

- a) ikke-metalliske fibre fortrinnsvis ligge ved 0,1 til 30 μm og/eller
- 20 b) metalliske fibre fortrinnsvis ligge ved 0,1 til 20 μm .

Strålingsbidraget til varmeledningsevnen kan ytterligere reduseres ved at det anvendes svertede fibre, for eksempel polyesterfibre som er svertet med sot eller eventuelt direkte karbonfibre.

25

Det er likeledes mulig å sette til sot som tilslag til blandingen. Derved egner seg særlig slike sot typer som har en liten partikkeldiameter og som utmerker seg ved en lavest mulig krystallinitet.

- 30 Det mekaniske styrke for de etter tørkingen oppnådde legemer påvirkes videre ved lengden og fordelingen av fibrene i blandingen.

Som nevnt innledningsvis angår oppfinnelsen også en fremgangsmåte for fremstilling av en blanding som beskrevet ovenfor og denne fremgangsmåte karakteriseres ved at man

- 35 blander aerogelpartiklene med det vandige bindemiddel.

Blandingen kan derved skje på en hvilken som helst måte. Således er det på den ene side mulig å innføre de minst to komponenter samtidig i blandeinnretningen, på den annen side kan man imidlertid også gå ut fra den ene komponent og sette til de andre etter hvert.

5

Heller ikke blandeinnretningen for blanding er begrenset på noen måte. Fagmannen kan for dette benytte en hvilken som helst for ham kjent og egnet apparatur.

Blandingen gjennomføres inntil det er oppnådd en jevn fordeling av aerogelpartiklene i blandingen. Derved kan røreprosessen reguleres både hva angår tid og hva angår om-

10

dreiningshastighet for røreinnretningen.

Oppfinnelsens blandinger egner seg, etter tørking og på grunn av den lave varmeledningsevne, som varmeisolasjonsmaterialer eller på grunn av den lave dielektrisitets-

15

konstant og den lave dielektriske tapsfaktor, for elektroniske anvendelser.

Tørkingen av oppfinnelsens blanding skjer fortrinnsvis i temperaturområdet 0 til 100°C. Tørkemethoden kan derved være en hvilken som helst for fagmannen kjent og egnet metode.

20

Oppfinnelsens blandinger er i tillegg også bindemidler for andre materialer, særlig isolasjonsmateriale, for eksempel som granulat foreliggende aerogelpartikler (med stor korn-

På grunn av hellbarheten kan oppfinnelsens suspensjoner helles og pumpes i hvilke som helst former slik at det etter tørking dannes tilsvarende formlegemer av isolerende materiale.

25

Det er også mulig for eksempel å påføre oppfinnelsens blandinger i form av en suspensjon for belegning av overflater, hvorved de er godt egnet på grunn av sin vedheftings-

30

evne. Eventuelt kan det være av fordel hvis overflatene på forhånd aktiveres, for eksempel ved elektrisk utladning, og vedheftingen derved forbedres. Det kan også påføres spesielle vedheftingsfremnere, for eksempel mellombelegg, for eksempel av silikat, på det egentlige substrat før blandingen påføres. Egnede fremgangsmåter for påføring er for eksempel spraying, sparkling, maling eller dypping. Etter tørking av de påførte sjikt

35

oppnår man godt vedheftende, varmeisolerende samt lyddempende overflatebelegg med lav dielektrisitetskonstant og lav dielektrisk tapsfaktor.

I tillegg kan oppfinnelsens blandinger anvendes direkte som lydabsorbsjonsmateriale eller i form av resonnansabsorbatorer da de oppviser en lav lydhastighet og, sammenlignet med monolittiske aerogeler, en høyere lyddemping.

- 5 Det er likeledes mulig å øke virkningen av ultralydsendere ved å påføre en slik blanding i form av et sjikt.

Til slutt angår oppfinnelsen, som nevnt innledningsvis, anvendelse av en blanding som beskrevet ovenfor for fremstilling av et isolasjonsmateriale, et adhesiv og/eller en folie,
10 samt som hjelpemiddel i elektroteknikken.

Oppfinnelsen skal illustreres nærmere ved hjelp av de følgende utførelseseksempler.

Eksempel 1

- 15 I et 200 ml begerglass går man ut fra 60 ml av en vandig dispersjon av styren/akrylatkopolymerisat med et faststoffinnhold på 19 vekt-% (30 ml/mowilith DM 760, 26 ml vann) og 125 ml hydrofobt aerogelgranulat med en kornstørrelse i området 50 til 250 μm (løsdensitet 0,08 g/cm³) og det hele blandes med en propell-rører ved 1200 omdr./min. i 20 minutter inntil det dannes en hellbar suspensjon. Suspensjonen trekkes
20 så ut mellom to barrierer som tilsvarer endetykkelsen for formlegemet og tørkes i 4 timer ved 80°C.

Efter tørking oppnås det et hvitt formlegeme med en densitet på 0,175 g/cm³. Varmeledningsevnen er 0,035 W/mK.

25

Eksempel 2

- I et 200 ml begerglass går man ut fra 60 ml av en vandig dispersjon av styren/akrylatkopolymerisat med et faststoffinnhold på 19 vekt-% (30 ml/mowilith DM 760, 26 ml vann) og 125 ml hydrofobt aerogelgranulat med en kornstørrelse i området 50 til 250 μm (løsdensitet 0,08 g/cm³) og det hele blandes med en propell-rører ved 1200
30 omdr./min. i 20 minutter inntil det dannes en hellbar suspensjon. Suspensjonen trekkes så ut mellom to barrierer som tilsvarer endetykkelsen for formlegemet og tørkes i 12 timer ved romtemperatur.

- 35 Efter tørking dannes det et 1 mm tykt formlegeme med en densitet på 0,177 g/cm³. Varmeledningsevnen er 0,035 W/mK.

Eksempel 3

I et 200 ml begerglass går man ut fra 60 ml av en vandig dispersjon av styren/akrylester-kopolymerisat med et faststoffinnhold på 28 vekt-% (34 ml Mowilith DM 611, 26 ml vann) og 125 ml hydrofobt aerogelgranulat med en kornstørrelse i området 50 til 250 μm (løsdensitet $0,08 \text{ g/cm}^3$) og 3,4 vekt-% (beregnet på aerogelmassen) av glassfibre en lengde på 4,5 mm og blander det hele med en propell-rører ved 1200 omdr./min. i 15 minutter inntil det er dannet en hellbar suspensjon. Suspensjonen trekkes nu ut mellom to barrierer som tilsvarer slutt-tykkelsen til formlegemet og tørkes i 7 timer ved 80°C .

- 10 Etter tørking oppnås et 6 mm tykt formlegemet med en densitet på $0,17 \text{ g/cm}^3$. Varmedningsevnen utgjør $0,046 \text{ W/mK}$.

Eksempel 4

I et 200 ml begerglass går man ut fra 60 ml av en vandig dispersjon av akrylester/vinyl-acetat/etylen-kopolymerisat med faststoff-innhold 28 vekt-% (26 Mowilith VDM 1340, 34 ml vann) og 125 ml hydrofobt aerogelgranulat med en kornstørrelse i området 50 til 250 μm (løsdensitet $0,8 \text{ g/cm}^3$) hvorefter det hele omrøres med en propellrører ved 1200 omdr./min. i 20 minutter inntil det er dannet en lett pastalignende suspensjon. Denne trekkes ut mellom to barrierer tilsvarende slutt-tykkelsen på formlegemet og det hele tørkes i 6 timer ved 80°C .

Efter tørking oppnår man et 5 mm tykt formlegeme med en densitet på $0,14 \text{ g/cm}^3$. Varmedningsevnen utgjør $0,032 \text{ W/mK}$.

- 25 Varmedningsevnen for formlegemene i eksemplene 1 til 4 ble målt ved en varmetråd-metode (se O. Nielsson, G. Rüschepöhler, J. Gross, J. Fricke, "High Temperatures-High Pressures", vol. 21, 267-274 (1989)).

P a t e n t k r a v

1.

Blanding inneholdende 30 til 95 vol-% aerogelpartikler og minst et vandig bindemiddel,
5 k a r a k t e r i s e r t v e d at partikkeldiameteren for aerogelpartiklene er mindre enn 0,5 mm og at aerogelpartiklene varig oppviser hydrofobe overflategrupper på den indre overflate.

2.

10 Blanding ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at andelen av aerogelpartikler ligger i området 50 til 90 volum-%.

3.

15 Blanding ifølge krav 1 eller 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at partikkeldiameteren for aerogelpartiklene er mindre enn 0,2 mm.

4.

20 Blanding ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at aerogelen er en SiO₂-aerogel.

5.

25 Blanding ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 4, k a r a k t e r i s e r t v e d at de hydrofobe overflategrupper er trialkylsilylgrupper og/eller triarylsilylgrupper.

6.

30 Blanding ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 5, k a r a k t e r i s e r t v e d at aerogelpartiklene oppviser porøsiteter over 60 % og densiteter under 0,6 g/cm³.

7.

35 Blanding ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 6, k a r a k t e r i s e r t v e d at det vandige bindemiddel er en dispersjon som minst inneholder en organisk polymer og/eller uorganiske bindemidler, og hvis vanninnhold utgjør mindre enn 90 % (v/v).

8.

Blanding ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 7, k a r a k t e r i -
s e r t v e d at blandingen inneholder 0,1 til 30 volum-% fibre.

5 9.

Blanding ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 8, k a r a k t e r i -
s e r t v e d at blandingen inneholder et IR-opasitetsmiddel.

10.

10 Fremgangsmåte for fremstilling av en blanding ifølge et hvilket som helst av kravene 1
til 9, k a r a k t e r i s e r t v e d at man blander aerogelpar-
tiklene med det vandige bindemiddel.

11.

15 Anvendelse av en blanding ifølge et hvilket som helst av kravene 1 til 9 for fremstilling
av et isolasjonsmateriale, et adhesiv og/eller en folie samt som hjelpemiddel i elektro-
teknikken.