

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN
FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 961898 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application **961898**

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
**D04H 3/08
D04H 3/16
D02G 1/18
C03B 37/075**

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **28.10.1994**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **03.05.1996**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **03.05.1996**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **13.06.2019**

(86) Kansainvälinen hakemus - **28.10.1994 PCT/US1994/012403**
Internationell ansökan - International
application

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

05.11.1993 US 148746

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 •Owens Corning, Fiberglas Tower, Toledo OH 43659, USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 •Berdan, Il, Clarke, USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

2 •Haupt, Ronald A., USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

3 •Potter, Russell M., USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

4 •Aschenbeck, David P., USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Lasikuitueristetutuote

Glasfiberisoleringsprodukt

Lasikuitueristetuote**Keksinnön ala**

5 Esillä olevan keksinnön kohteena ovat kivennäiskuiduista tehdyt villamateriaalit ja yksityiskohtaisemmin tarkasteltuna lasikuiduista valmistetut eristystuotteet. Keksinnön kohteena on myös lasikuiduista tehtyjen eristystuotteiden valmistus.

Keksinnön tausta

10 Läpimitaltaan pienet lasikuidut ovat käyttökelpoisia useissa sovelluksissa, mukaan lukien akustiset ja lämpöeristysmateriaalit. Kun näiden pienläpimittaisten lasikuitujen avulla muodostetaan sopivalla tavalla ristikkorakenne tai raina, jota kutsutaan yleensä villapakkaukseksi, 15 yksittäiset lasikuidut, joilla on puuttuva kestävyys tai jäykkyys, voidaan muodostaa sangen kestäväksi tuotteeksi. Tulokseksi saatu lasikuitueriste on painoltaan kevyt, erittäin hyvin kokoonpuristuva ja joustava. Tämän patenttiselityksen tarkoituksia varten ilmaisuihin "lasikuidut" 20 ja "lasiseokset" sisältyvä "lasi" on tarkoitettu käsittämään kaikki lasimaiset kivennäismateriaalit, kuten kiven, kuonan ja basaltin, sekä myös tavanomaiset lasit. Yleisesti tunnetut aikaisemmat menetelmät lasikuitueristystuotteiden valmistamiseksi käsittävät lasikuitujen valmistamisen rotaatiomenetelmän avulla. Yksinkertainen sula lasiseos pakotetaan kulkemaan sentrifugin tai kehruukoneen 25 ulkoseinässä olevien aukkojen kautta, jolloin tulokseksi saadaan pääasiassa suorat lasikuidut. Näitä kuituja vedetään alaspäin puhaltimen avulla. Kuitujen villatuotteeksi sitomista varten tarvittavaa sideainetta ruiskutetaan kuitujen päälle niitä vedettäessä alaspäin. Sen jälkeen kuidut kootaan ja muodostetaan villapakkaukseksi.

30 Lasikuitueristystuotteita valmistettaessa ihanteellisen eristeen olisi sisällettävä yhtenäiset etäisyydet kuitujen välissä. Eriste käsittää pääasiassa ristikkoraken-

kenteen ilman vangitsemiseksi kuitujen väliin sen estäessä siten ilman liikkeen. Ristikkorakenne hidastaa myös lämmön siirtymistä säteilyhajonnan avulla. Kuitujen yhtenäisempi keskinäinen etäisyys maksimoisi hajonnan ja lisäisi siten
 5 eristyskykyä.

Lasikuiduista tehtyjen villaeristysmateriaalien valmistuksessa on välttämätöntä käyttää suhteellisen lyhyitä kuituja. Pitkät kuidut pyrkivät sotkeutumaan toisiinsa ja muodostamaan köysimäisiä tai nyörimäisiä rakenteita. Nämä köydet muodostavat poikkeaman ihanteellisesta
 10 yhtenäisestä ristikkorakenteesta ja vähentävät lasivillan eristyskykyä. Lyhyet ja suorat kuidut muodostavat kuitenkin vain sattumanvaraisen ristikkorakenteen, jossa jotkut kuidut ovat niputettuina yhteen. On selvää, että käytössä
 15 olevat lasikuitueristysmateriaalit sisältävät huomattavia epäyhtenäisyyksiä kuitujen jakautumisessa tuotteen sisällä. Siten ihanteellista yhtenäistä ristikkorakennetta ei voida saavuttaa.

Lisäksi suoria kuituja käytettäessä on välttämätöntä lisätä kuituihin orgaanisia sideainemateriaaleja. Sideaineen on pidettävä tuote yhdessä sitomalla kuidut leikkauskohtiinsa. Tämä tuote on itsessään kallis ja lisäksi
 20 paljon vaivaa on nähtävä tuotantoprosessista tulevan ulosvirtauksen käsittelemiseksi useimpien orgaanisten yhdisteiden negatiivisen ympäristöllisen vaikutuksen johdosta. Sideaine on lisäksi kovetettava uunissa käyttäen lisäenergiaa ja aiheuttaen ympäristön puhdistamiseen liittyviä
 25 lisäkustannuksia.

Eräänä toisena ongelmana käytössä olevien eristystuotteiden yhteydessä on se, että jotkut lasikuidut ärsyttävät ihmisen ihoa ollessaan kosketuksessa sen kanssa erityisesti silloin, jos kuitujen läpimitta on liian suuri. Myös silloin, jos lasikuidut ovat hauraita, kuitujen rikkoutuminen voi aiheuttaa eristystuotteiden pölyisyyden.
 30

Eristystuotteiden kuljetuksen ja pakkaamisen yhteydessä huomattava kokoonpuristuvuus on suotava. On edullista puristaa villaa kokoon kuljetusta varten ja antaa sen sitten nopeasti ja luotettavasti palautua haluttuun kokoon. Nykyiset eristystuotteet sisältävät rajoitetun mahdollisen kokoonpuristumäärän niiden yhä saavuttaessa riittävän palautumisen. Kun tuote puristetaan kokoon, sideaine pysyy lujasti paikoillaan itse kuitujen taipuessa. Kun kuituun kohdistuva rasitus lisääntyy liiallisen kokoonpuristuksen johdosta, kuitu murtuu.

Aikaisemmin on tehty yrityksiä ei-suorien lasikuitujen valmistamiseksi. Mekaanisen sykkyrällekiertämisprosessin yhteydessä lasikuidut vedetään tekstiiliholkista. Nämä yhä korkeassa lämpötilassa olevat kuidut vedetään mekaanisten välineiden avulla vastakkaisten hammaspyörien muodostaman sarjan tai puristuslaitteen kautta niiden ohentamiseksi ja puristamiseksi. Lopputuloksena on sykkyrälle kiertyneiden lasikuitujen muodostama kimppu.

Mekaanisen sykkyrällekiertämisen pääasiallisena haittana on se, että nämä kuidut eivät edistä tyydyttävää lasikuituvalmistusta. Jokaisella tällä tavoin valmistetulla kuidulla on yhtenäinen muoto, joka kumoaa sykkyrällekiertämisen tarkoituksen, koska valmistettu lasivilla ei ole yhtenäisesti jakautunut. Lisäksi, koska prosessi ei ole kiertävä, sillä on epätyydyttävän alhainen suoritusteho ja valmistetut kuidut ovat liian karkeita villaeristysmateriaaleja varten.

Stalego selostaa US-patenttijulkaisussa 2 998 620 kaksikomponenttisista lasikoostumuksista valmistettuja kiharoituja lasikuituja. Stalegon mukaan kiinteät kiharoidut kuidut valmistetaan asettamalla kaksi erilaisella lämpölaajentumiskyvyllä varustettua lasikoostumusta kulkemaan kehruulaitteen aukkojen kautta. Lasit puristetaan ulos kaksinkertaisena lasivirtauksena linjatussa kiinteässä suhteessa, jolloin kuidut kiharoituvat luontaisesti jääh-

dytyksen yhteydessä erilaisen lämpölaajenemiskyvyn johdos-
 ta. Stalego selostaa kuitenkin kiharoitujen kuitujen käyt-
 töä esimerkiksi kudokseksi kudottuja lankoja käsiteltäessä
 tai niiden toimiessa vahvisteena poltetuissa saviastioissa
 5 tai savimateriaaleissa. Stalego ei selosta kiharoitujen
 kuitujen käyttöä eristystuotteissa.

Tiede selostaa US-patenttijulkaisussa 3 073 005 ei-
 kiertoprosessin kaksikomponenttisten kiharoitujen lasikui-
 tujen valmistamiseksi. Nämä kuidut tehdään syöttämällä
 10 erilaisia lasikoostumuksia aukkoon sivuttaisessa kosketuk-
 sessa, jolloin molemmat lasikuidut ohennetaan yhdeksi ai-
 noaksi kuiduksi. Tiede selostaa lasimateriaalien käyttöä
 kudostuotteessa sekä pehmenneys- ja vaahdotusmateriaaleina.
 Tiede ei selosta eristystuotteita, jotka on tehty kiharoi-
 15 duista lasikuiduista.

Slayter et al. selostavat US-patenttijulkaisussa
 nro 2 927 621 myös kiharoitujen kuitujen valmistusta.
 Slayterin mukaan yhden ainoan lasikoostumuksen käsittävät
 lasikuidut asetetaan kulkemaan vastakkaisten muotovaippo-
 20 jen kautta, kun kuituja on pehmennetty kuumien kaasujen
 välityksellä. Kuidut saavat sitten vaippamaisen muodon.
 Paksut ja pitkät kuidut eivät kuitenkaan sovi eristysmate-
 riaaleiksi. Valmistettuja kuituja käytetään sen sijaan
 suodatusväliaineessa ja niihin lisätään myös sideainetta.

25 On siten olemassa tarve parannetun villaeristysma-
 teriaalin suhteen, jota voidaan käyttää yhtenäiseen tila-
 vuustäyttöön, jolloin tällä villaeristysmateriaalilla on
 parannettu palautumiskyky ja pienempi lämmönjohtavuus ja
 sitä voidaan käyttää ilman sideainemateriaalia. Olisi myös
 30 edullista ratkaista käytössä oleviin lasikuitueristystuot-
 teisiin liittyvät kastelu- ja pölyisyysongelmat.

Keksinnön kuvaus

Tämän tarpeen täyttää esillä oleva keksintö, jonka
 yhteydessä eristystuotteet valmistetaan muodoltaan epä-
 35 säännöllisistä kivennäiskuiduista. Käyttämällä tällaisia

epäsäännöllisiä kuituja suorien sijasta, sykkyrälle kiedottuja tai jopa kiharoituja kuituja, voidaan saavuttaa yhtenäisempi ristikkorakenne. Tätä kutsutaan yhtenäiseksi tilavuustäytöksi. Lisääntynyt yhtenäisyys sallii korkeamat palautumissuhteet. Vieläkin tärkeämpää on, että tämä yhtenäinen tilavuustäyttö johtaa huomattavasti alhaisempaan lämmönjohtavuuteen. Myös muodoltaan epäsäännöllisten kuitujen suurempi yhteentarttuminen voisi mahdollistaa riittävän villapakkausyhtenäisyyden orgaanisen sideaineen käyttöä. Riittävällä yhtenäisyydellä tarkoitetaan sitä, että villakappaleen sisältämät kuidut pysyvät kiinnitarttuneina eivätkä irtoa toisistaan, kun 8 jalan (2,4 m) pituinen villakappale asetetaan riippumaan omapainonsa alaisena joko pituuttaan tai leveyttään pitkin. Näitä suuntia kutsutaan konesuunnaksi ja vastaavaksi koneen poikittaisuunnaksi. Kuitenkin niin haluttaessa sideainemateriaalia voidaan lisätä villaeristysmateriaalin lisäkestävyyden aikaansaamiseksi. Myös keksinnön mukaisten kuitujen epäsäännöllinen muoto tekee tuotteen vähemmän taipuvaiseksi aiheuttamaan ihoärsytystä, ja se voi tehdä tuotteen vähemmän pölyiseksi.

Keksinnön erään suositeltavan sovellusmuodon mukaisesti käytössä on muodoltaan epäsäännöllinen lasikuitumateriaali ja eristystuote, joka käsittää muodoltaan epäsäännölliset lasikuidut. Näistä epäsäännöllisistä lasikuiduista tehdyllä eristystuotteella on pääasiassa yhtenäinen tilavuustäyttöominaisuus. Epäsäännölliset lasikuidut ovat lisäksi ilman sideainetta. Ilmaisua "ilman sideainetta" tarkoittaa sitä, että sideaine käsittää 1 painoprosentin tai sitä vähemmän tuotteesta. Lisäksi ilmaisu "sideaine" ei ole tarkoitettu sisältämään materiaaleja, jotka on lisätty pölyn poistoa tai voitelua varten. Jokainen muodoltaan epäsäännöllisistä lasikuiduista käsittää kaksi erillistä lasikoostumusta, joilla on erilaiset lämpölaajenemiskertoimet. Näiden lasikoostumusten lämpölaajenemisker-

toimien välinen ero on suurempi kuin noin 2,0 ppm/°C (miljoonasosaa), sopivimmin yli noin 4,0 ppm/°C, ja edullisesti yli noin 5,0 ppm/°C.

5 Esillä olevan keksinnön erään lisäominaispiirteen mukaisesti tarjotaan käyttöön muodoltaan epäsäännöllisistä lasikuiduista tehty eristystuote, jolla on pääasiassa yhtenäinen tilavuustäyttöominaisuus tämän tuotteen palautumistiheyden ollessa noin 0,3 - noin 0,6 pcf (naulaa/kuutiojalka) (4,8 - 9,6 kg/m³) kokoonpuristamisen jälkeen suuruudeltaan noin 6 - noin 18 pcf (96 - 288 kg/m³) olevaan
10 puristettuun tiheyteen.

Keksinnön erään toisen ominaispiirteen mukaisesti tarjotaan käyttöön villaeristysmateriaali, joka käsittää muodoltaan epäsäännölliset lasikuidut, joilla on pääasias-
15 sa yhtenäinen tilavuustäyttöominaisuus jokaisen epäsäännöllisen lasikuidun käsittäessä ainakin ensimmäisen lasikoostumuksen ja toisen lasikoostumuksen. Ensimmäinen lasikoostumus käsittää noin 15 - noin 85 % jokaisen kuidun kokonaislasipitoisuudesta. Toinen lasikoostumus käsittää
20 loput jokaisen kuidun lasipitoisuudesta. Pienellä osalla kuiduista voi olla yksi ainoa koostumus.

Piirustusten lyhyt kuvaus

Kuvio 1 esittää kaavamaista pystykuvantoa lämpöasetusprosessista, jonka avulla esillä olevan keksinnön mu-
25 kainen eristys voidaan valmistaa;

Kuvio 2 esittää kaavamaista perspektiivikuvantoa esillä olevan keksinnön mukaisen eristystuotteen välittömästä muodostusprosessista;

Kuvio 3 esittää kaavamaista perspektiivikuvantoa esillä olevan keksinnön mukaisen eristystuotteen eräästä sovellusmuodosta;
30

Kuvio 4 esittää poikkileikkauspystykuvantoa kuidutimesta, jonka avulla esillä olevan keksinnön mukaiset kuidut voidaan valmistaa;

Kuvio 5 esittää tasokuvantoa kuvion 4 mukaisen kehruulaitteen osasta linjaa 5 - 5 pitkin otettuna;

Kuvio 6 esittää kaavamaista pystykuvantoa kuvion 5 mukaisesta kehruulaitteesta linjaa 6 - 6 pitkin otettuna;

5 Kuvio 7 esittää kaavamaista poikkileikkauskuvantoa keksinnön mukaisesta epäsäännöllisestä lasikuidusta, joka sisältää 50:50 A/B suuruisen lasisuhteen;

Kuvio 8 esittää kaavamaista kuvantoa epäsäännöllisestä lasikuidusta, jonka A/B lasisuhde on alle 50:50;

10 Kuvio 9 esittää kaavamaista perspektiivikuvantoa aikaisemmin tunnetusta kierukkamaisesta lasikuidusta;

Kuvio 10 esittää kaavamaista perspektiivikuvantoa esillä olevan keksinnön mukaisesta muodoltaan epäsäännöllisestä lasikuidusta luontaisessa pakottomassa tilassaan;

15 Kuvio 11 esittää kaavamaista perspektiivikuvantoa kuvion 10 mukaisesta kuidusta venytetyssä tilassaan;

Kuvio 12 esittää suurennettua kaavamaista kuvantoa kuvion 10 mukaisesta muodoltaan epäsäännöllisestä lasikuidusta;

20 Kuvio 13 esittää graafisesti kiertoliikkeen R suuruutta y-akselia pitkin sekä kierukkamaisen kuidun (112) että muodoltaan epäsäännöllisen kuidun (122) yhteydessä, kuitupituuden (mm) ollessa ilmaistuna x-akselilla.

Keksinnön toteuttamistavat

25 Esillä olevan keksinnön mukaisia muodoltaan epäsäännöllisistä lasikuiduista tehtyjä eristystuotteita voidaan valmistaa kuvion 1 esittämän kiertävän kuitumuodostus- ja pakkauskuumakovetusmenetelmän avulla.

30 Kuvioista 1 voidaan havaita, että kaksi erillistä sulalasekoostumusta syötetään uuneista 12 esiahojen 12 kautta kuiduttimiin 14. Kuiduttimien muodostamat epäsäännöllisten lasikuitujen 18 harsot kerätään kuljettimeen 16 villapakkauksena kuljettimen alapuolella olevan tyhjän avulla. Kun kuituja puhalletaan alaspäin ilman tai kaasujen välityksellä kuljettimeen käyttämällä kuiduttimissa

35

olevia puhaltimia 22, ne ohentuvat ja omaksuvat epäsäännöllisen muotonsa.

Villapakkaus asetetaan sittem kulkemaan uunin 24 kautta 700 - 1 100 °F (371 - 593 °C) olevissa kuumakovetus-
 5 lämpötiloissa. Kuumakovetuslämpötila voidaan saavuttaa joko viivästyttämällä jäähdytysprosessia kuitumuodostuksen jälkeen tietyn lämmön pidättämiseksi kuitumuodostusprosessista tai kuitujen kuumentamiseksi uudelleen kuumakovetus-
 uunissa. Uunin kautta kulkevan villapakkauksen muotoilevat
 10 yläkuljetin 26 ja pohjakuljetin 28 ja kuviossa näkymättömät reuna-ohjaimet. Uunissa olevat lasikuidut voidaan asettaa kuumien ilmavirtausten alaiseksi yhtenäisen kuumennuksen helpottamiseksi. Noin 10 minuutin jälkeen villapakkaus sitten lähtee uunista eristystuotteena 30.

15 Kun lasikuidut pakotetaan kuljettimien 26 ja 28 avulla eristystuotteen muotoon, kuidut puristetaan kokoonpuristetun jousen tavoin. Kun puristetut kuidut asetetaan kuumakovetuslämpötilojen alaisiksi, lasirakenne höllentyy mahdollisesti viruntamekanismin avulla johtaen puristusra-
 20 situksen olennaiseen vähentymiseen. Kun pakotteet on poistettu, villapakkaus ei laajene, vaan pysyy halutussa muodossa. Koska kuidut taipuvat jäähtyessään, ne sitoutuvat enemmän toisiinsa ja lisäävät eristystuotteen rakenteellista eheyttä.

25 On selvää, että kuumakovetus muodostaa esillä olevan keksinnön erään vaihtoehtoisen ominaispiirteen. Muut eristystuotteen valmistustekniikat käsittävät nitomisen, neulonnan, hydrokietoutumisen ja kapseloinnin.

Kuvion 2 yhteydessä selostetaan uutta välitöntä
 30 muodostusprosessia, jonka avulla esillä olevan keksinnön mukaisia eristystuotteita voidaan valmistaa. Epäsäännöllisesti muodostetut lasikuidut valmistetaan kuiduttimessa 40. Lasikuitujen muodostamat harsot 42 puhalletaan alaspäin puhaltimien välityksellä kuiduttimessa ja ne kootaan
 35 enintään 1 100 °F:n (593 °C) lämpötiloissa vastakkaisiin

alaspäinsuunnassa toisiaan lähestyviin kuljettimiin 44. Kerätyt kuidut asetetaan kulkemaan kuumakovetusuunin, esimerkiksi pakkausmuodostus- ja kuumakovetuskuljettimien 46 kautta, joissa kuidut muodostetaan eristystuotteeksi noin
 5 700 - noin 1 100 °F:n (371 - 593 °C) lämpötiloissa. Kuumakovetusuunilla tai kuumakovetuskuljettimilla on sopivimmin ennalta määrätty poikkileikkausmuoto. Kuitujen kuumakovetusta varten tarvittava lämpö voidaan syöttää mistä tahansa sopivasta lähteestä, kuten kuumailmajohdoista 47, jotka
 10 on liitetty kuviossa näkymättömään kuumien kaasujen lähteeseen, jota käytetään syöttämään kuumia kaasuja poikittain villapakkauksen 48 kautta.

Keksinnön erään erityisen ominaispiirteen mukaisesti ristiin kulkevat kuljettimet on varustettu rei'illä tai
 15 huokosaukoilla, ja kuituharson yhteydessä virtaavat kaasut poistetaan ristikkäisten kuljettimien kautta kaasujen erottamiseksi kuiduista. Nämä kaasut sisältävät huomattavasti lämpöä ja suuri osa poistetuista kaasuista kanavoidaan ristikkäisistä kuljettimista johtojen 49 kautta ristikkäisten kuljettimien yläreunaan lämmön säilyttämiseksi.
 20 Tämä poistettujen kaasujen kierrätys pitää ihanteellisella tavalla ristikkäisistä kuljettimista lähtevät lasikuidut noin 400 - noin 900 °F:n (204 - 482 °C) lämpötilassa. Uunista tulevat kuumat jätekaasut voitaisiin myös kanavoida
 25 ristikkäisten kuljettimien yläreunaan.

Eritystuote kulkee kuumakovetuskuljettimien muodostus- ja kuumakovetusvyöhykkeiltä kapselointimoduuliin 50, jossa eritystuote voidaan kapseloida millä tahansa sopivalla kalvotyypillä, kuten kalvolla 52. Lisäksi liikkuva
 30 tuote voidaan leikata yksittäisiksi yksiköiksi, kuten eristyspaloiksi, ennen pakkaamista. Tuote voidaan pakata minkä tahansa sopivan välineen, kuten käärimislaitteen 54, avulla.

Kuvioon 3 viitaten esillä olevan keksinnön mukainen
 35 eristystuote voi olla villakappaleen 56 muodossa, joka

käsittää muodoltaan epäsäännölliset lasikuidut. Tämä kapale voidaan peittää ulkopäällysteellä 58, jollaisia tunnetaan runsaasti aikaisemmin.

Kuten kuviosta 4 näkyy, kehrulaite käsittää pohjaseinän 62 ja kehäseinän 64. Kehruulaitetta kierretään akselilla 66, aikaisemmin tunnetulla tavalla. Kehruulaitteen kiertoliike saa aikaan sulan lasin keskipakoliikkeen kehrulaitteen kehäseinän kautta ensiökuituihin 68. Ensiökuidut pidetään pehmeässä ohennettavassa tilassa rengasmaisen polttimen 70 aiheuttaman kuumuuden avulla. Keksinnön eräässä sovellusmuodossa sisäinen poltin, jota ei ole näytetty, syöttää lämpöä kehrulaitteen sisään. Indusoitua ilmaa 74 käyttävä rengasmainen puhallin 72 on asetettu vetämään ensiökuidut ulos ja ohentamaan ne edelleen toisiokuiduiksi, joita voidaan käyttää villaeristysmateriaaleissa. Toisiokuidut eli kaksoislasiset muodoltaan epäsäännölliset lasikuidut kerätään sitten muodostusta varten villapakkaukseksi.

Kehruulaitteen sisäosaan syötetään kaksi erillistä sulalasivirtausta ensimmäisen virtauksen 78 sisältäessä lasin A ja toisen virtauksen lasin B. Virtauksessa 78 oleva lasi putoaa suoraan kehrulaitteen pohjaseinään ja virtaa ulospäin keskipakovoiman alaisena kohti kehrulaitteen kehäseinää lasin A pään muodostamiseksi. Sulalasivirtauksessa 80 oleva lasi B on asetettu lähemmäksi kehruseinän kehäseinää kuin virtaus 78, ja virtauksessa 80 olevan lasin leikkaa vaakasuora laippa 82 ennen kuin se voi saavuttaa kehruseinän pohjaseinän. Siten lasin B kerrostuma tai pää muodostuu vaakasuoran laipan yläpuolelle.

Kuten kuviosta 5 näkyy, kehrulaite on varustettu pystysuoralla sisäseinällä 84, joka käsittää yleensä kehäseinän ja on asetettu radiaalisesti sisäänpäin kehrulaitteen kehäseinästä. Sarja pystysuoria ohjauslevyjä 86, jotka on asetettu kehrulaitteen kehäseinän ja pystysuoran sisäseinän väliin, jakaa tämän tilan sarjaan osastoja 88.

Vaihtoehtoiset osastot sisältävät joko lasia A tai lasia B.

Kehruulaitteen kehäseinä on varustettu aukkoilla 90, jotka on asetettu pystysuoran ohjauslevyn radiaalisen ulkopäähän viereen. Näiden aukkojen leveys on suurempi kuin pystysuoran ohjauslevyn leveys sallien siten sekä lasin A että lasin B virtauksen aukosta yksinkertaisena kaksoislasisena ensiökuituna. Kuten kuviosta 6 näkyy, jokainen osasto 88 kulkee kehrulaitteen kehäseinän 64 koko korkeudella koko pystysuoran ohjauslevyn pituudella olevien aukkojen erottaessa osastot toisistaan. Muitakin kehrulaiterakenteita voidaan käyttää syöttämään lasin kaksoisvirtaukset kehrulaitteiden aukkoihin.

Esillä olevan keksinnön mukaiset muodoltaan epä säännölliset kuidut ovat kaksoislasikuituja, so. jokainen kuitu käsittää kaksi erilaista lasikoostumusta, lasin A ja lasin B. Jos haluttaisiin muodostaa esillä olevan keksinnön mukaisen muodoltaan epä säännöllisen kuidun poikkileikkaus, sen yksi puolisko käsittäisi lasin A ja toinen puolisko lasin B. Käytännössä lasin A ja lasin B määrien useita erilaisia suhteita voidaan käyttää erilaisissa muodoltaan epämääräisissä lasikuiduissa villaeristysmateriaalin yhteydessä (tai ehkä yksittäisen kuidun pituudella). Lasin A määräprosentti voi olla noin 15 - noin 85 % lasin kokonaismäärästä jokaisessa muodoltaan epä säännöllisessä lasikuidussa lasin kokonaisjäännöksen sisältäessä lasin B. Yleensä ottaen nämä muodoltaan epä säännöllisten kuitujen muodostamat eristystuotteet käsittävät kuidut, jotka edustavat lasin A ja lasin B prosenttimäärien kaikkia erilaisia yhdistelmiä, mukaan lukien pieni määrä kuituja, jotka käsittävät yhden ainoan komponentin.

Menetelmä lasin A ja lasin B välisen suhteen mittaamiseksi käsittää useiden kuitujen poikkileikkauksen tutkimisen. Jos A/B suhde on 50:50, rajapinta 92 molempien lasien, lasin A 94 ja lasin B 96, välillä kulkee kuidun

poikkileikkauksen keskikohdan 98 kautta kuvion 7 esittämällä tavalla. Näiden kahden lasin välinen rajapinta käsittää tavallisesti linjan, joka ei kulje kuidun poikkileikkauksen keskipisteen kautta. Kuten kuviosta 8 näkyy, lasin A 104 ja lasin B 106 välinen rajapinta ei kulje kuidun keskikohdan 108 kautta.

Kuitujen poikkileikkausvalokuvat saadaan asettamalla kuitunippu epoksiin kuitujen ollessa suunnattuina mahdollisimman rinnakkain. Epoksitulpan poikkileikkaus otetaan sitten käyttäen timanttisahaterää, ja yksi uusi pinta kiillotetaan käyttäen erilaisia hiontavälineitä. Kiillotettu näytepinta päällystetään sen jälkeen ohuella hiili-kerroksella johtavan näytteen aikaansaamiseksi analyysiä varten pyyhkäisyelektronimikroskoopin (SEM) avulla. Tämän jälkeen näyte tutkitaan tässä mikroskoopissa käyttäen takaisinsironnutta elektroni-ilmaisinta, joka näyttää muutokset keskimääräisessä atomiluvussa muutoksena harmaassa asteikossa. Tämä analyysi paljastaa kahden lasin olemassaolon kuidun poikkileikkauksen tummempana ja vaaleampana alueena ja näyttää molempien lasien rajapinnan.

"Poikkeamasuhde" merkitsee suhdetta r/R (prosentteina ilmaistuina), jossa R merkitsee kuidun poikkileikkaussädettä ja 3 lyhintä etäisyyttä kuidun keskikohdasta molempien lasien rajapintaan asti. Kun kuidun poikkileikkaus ei ole pyöreä, säteet mitataan rajapinnan suhteen kohtisuorassa suunnassa. Rajapinnan ollessa kaareva suora-viivaista rajapintaa approksimoidaan.

Poikkeamasuhde on mittana sille, miten kaukana A/B lasisuhde on arvosta 50:50. Mitä suurempi on poikkeama arvosta 50:50, sitä suurempi on r prosentteina R :stä ilmaistuna. On havaittu, että keksinnön mukaisten muodoltaan epäsäännöllisten lasikuitujen keskimääräinen poikkeamasuhde on yleensä suurempi kuin noin 5 %, yleensä suurempi kuin noin 15 % ja useissa tapauksissa suurempi kuin noin 30 %.

Kaksoislasikuidut sisältävät kaarevan ominaisuuden molempien lasien lämpölaajentumiskertoimen eron johdosta. Kaksoislasikuidun jäähtyessä yksi lasikomponentti kutistuu nopeammin kuin toinen lasikomponentti. Tuloksena on kuituun kohdistuva rasitus. Tämän rasituksen poistamiseksi kuidun on taivuttava. Jos mitään kuidun kiertoliikettä ei tapahdu, tulokseksi saadaan tasainen kierukka, jolla on yleensä vakiosuuruinen säde tämän kierukan sijaitessa yhdellä tasolla kellonjousen tavoin. Kaksilasisten kuitujen kiertoliike voidaan mitata suorittamalla vertailu kuitua pitkin kulkevaan rajapintaan kahden lasikomponentin välissä. Poispääsyä varten tältä tasolta on suoritettava jonkinlainen kiertoliike. Kuitujen jatkuva kiertoliike saa aikaan nousultaan vakion kierukan. Tämän kierukan muodostavalla kuidulla on vakiokiertoasuunta - joko myötä- tai vastapäivään. Tämä kierukka sisältää myös yleensä vakio- säteen. Kuvio 9 esittää aikaisemmin tunnetun kierukkamaisen kuidun 112 kolmiulotteista kaavamaisesta projektiota. Kuvion havainnollistamiseksi siihen on lisätty päällä olevan valonlähteen aiheuttama kuidun varjo 114 tasaiselle pinnalle.

Keksinnön mukainen muodoltaan epäsäännöllinen kuitu eroaa kierukkamaisesta kuidusta siinä suhteessa, että kuidun kiertoliike ei ole suuruudeltaan vakio, vaan vaihtelee epäsäännöllisesti sekä suunnaltaan (myötä- tai vastapäivään) että suuruudeltaan. Kuidun kiertoliikkeen suuruus määritetään kuidun kiertonopeutena kuidun pituusyksikköä kohti. Kaarevuus on yleensä vakio lämpölaajenemiskerrointen ja A/B-suhteen eron määrittämällä tavalla. Kuvio 10 esittää keksinnön mukaisen epäsäännöllisen kuidun 122 kolmiulotteista projektiota. Havainnollisuuden vuoksi kuvioon on lisätty päällä olevan valonlähteen aiheuttama kuidun varjo 124 tasaiselle pinnalle. Kun kuitu 122 asetetaan jännityksen alaiseksi, jännitetty kuitu 122A ja varjo 124A

osoittavat, että kuidun epäsäännöllisyys on säilytetty, kuten kuviosta 1 näkyy.

5 Kuviossa 12 esitetty epäsäännöllinen kuitu käsittää kuvion 10 mukaisen kuidun 122, jota on havainnollisuuden lisäämiseksi suurennettu liioittelemalla sen paksuutta ja lisäämällä segmenttilinjat paremman perspektiivivaikutuksen aiheuttamiseksi.

10 Jatkuvasti muuttuvan ohennusympäristön ansiosta jokainen muodoltaan epäsäännöllinen kuitu kierretään ainutlaatuisella tavalla. Kaksi kuitua eivät ole koskaan tarkalleen samanlaisia. Kuidun lopullinen muoto sisältää kaksoislasiominaisuudesta johtuvan kaarevan kantalinjan, jota muutetaan kiertämällä jatkuvasti muuttuvan tai stokastisen ohennusympäristön aiheuttaessa kaarevuustason
15 epäsäännöllisen kiertoliikkeen. Kuidun kaarevaa kantalinjaa kierretään kolmessa suunnassa. Se ei yleensä ole kierukkamainen. Kuidun epäsäännöllinen luonne sallii muodoltaan epäsäännöllisten lasikuitujen pysymisen erillään toisistaan ja yhtenäisen tilavuustäytöminaisuuden saavuttamisen. Epäsäännöllisistä lasikuiduista tehty eristysmateriaali ärsyttää lisäksi vähemmän ihoa (kutittaen sitä vähemmän) kuin villaeristysmateriaalit, jotka on tehty pääasiassa suorista kuiduista, eikä se ehkä ole niin pölyinen.

25 Muodoltaan epäsäännöllisten kuitujen luonne on analysoitu käyttäen suuntavektorianalyysiä. Koordinaattisarja, joka kuvaa muodoltaan epäsäännöllisen kuidun kulkuväylää kolmiulotteisessa tilassa, muodostettiin käyttämällä kahdessa erilaisessa kulmassa, joiden välinen kulmaetäisyys oli 90° , otettuja valokuvia. Koordinaatit säädettiin antamaan kolme yhtä suurta mittaetäisyyttä tietopisteiden välillä kuidun pituutta pitkin, mikä johti säädettyihin tietokoordinaattipisteisiin (ACD). Kolme vektoria laskettiin kutakin ACD:tä varten seuraavasti:

30

$\bar{V}_1 =$ Kuidun suuntavektori (yksikkövektori, joka on suunnattu ACD:stä seuraavaan ACD:hen)
 $\bar{F}_1 =$ $\bar{V}_1$:n ensimmäinen johdannaisvektori suhteessa ACD:ien väliseen etäisyyteen
 $\bar{S}_1 =$ $\bar{V}_1$:n toinen johdannaisvektori suhteessa ACD:ien väliseen etäisyyteen.

Kiertoliikkeen R_i suuruus mitä tahansa ACD:tä varten saadaan seuraavasti:

$R_i = S_i \cdot U_i$ (vektoripistetulo), jossa

$$\bar{U}_i = \frac{V_i \times V_{i-1}}{V_i \cdot V_{i-1}} \quad (\text{vektoriristitulo})$$

$\bar{U}_i$ merkitsee yksikkövektoria, joka on kohtisuorassa V_i :n ja V_{i-1} :n sisältävän tason suhteen.

Kiertoliikkeen R suuruus (y-akseli) voidaan piirtää esiin kuvion 13 mukaisen kuidun pituutta (x-akselia) pitkin otetun etäisyyden funktiona. Tämä käyrä esittää kuvion 10 esittämän epäsäännöllisen kuidun kiertoliikkeen suuruuksia. Kuviossa 13 esitetyt tiedot on tasoitettu viisipisteisen painotetun keskiarvon avulla derivointiprosessin välityksellä korostetun melun vähentämiseksi. Kuten käyrästä näkyy, keksinnön mukaisen pakottoman muodoltaan epäsäännöllisen kuidun kiertoliike (kuitu A) muuttuu epäsäännöllisesti suuruudeltaan ja merkiltään kuidun pituudella. Risteyshkohdat (joissa kiertoliikkeen merkki muuttuu) esiintyvät noin yhden senttimetrin tiheydellä läpimitaltaan viisi mikronia olevaa kuitua A varten. Toisaalta taas kierukkamainen kuitu (kuitu B) sisältää nollaristeyshkohdat samalla pituudella. On luultavaa, että risteyshkoiden määrä keksinnön mukaisten epäsäännöllisten kuitujen pituussenttimetriä kohti on ainakin 0,3 ja luultavimmin noin 0,5 - noin 5,0. Eräänä toisena tapana kuitujen epäsäännöllisyyden näärättämiseksi on laskea kiertoliikkeen

keskimääräinen suuruus ja standardipoikkeama tämän kierto-
 liikkeen suuruudesta kuitujen pituudella. Kuvioon 13 vii-
 taten kiertoliikkeen R suuruuden keskimääräinen arvo kie-
 rukkamaista kuitua (kuitu B) varten on selvästi nollan
 5 yläpuolella (tai selvästi nollan alapuolella vastakkaisen
 kiertoliikkeen yhteydessä). Standardipoikkeama kiertoliik-
 keen R suuruudesta kierukkamaista muotoa varten on pienem-
 pi kuin kiertoliikkeen R suuruuden keskimääräinen arvo.
 Kuvioista 13 näkyy, että standardipoikkeaman suhde kierto-
 10 liikkeen keskimääräiseen suuruuteen on 0,25 kierukkamaista
 kuitua (kuitua B) varten.

Toisaalta keksinnön mukaista muodoltaan epäsäännöl-
 listä kuitua (kuitua A) varten kiertoliikkeen R keskimää-
 räisen suuruus on hyvin pieni, yleensä lähellä nollaa.
 15 Kiertosuunnan suuruuden standardipoikkeama on vähintään
 verrattavissa kiertoliikkeen R keskimääräiseen suuruuteen,
 tai se on huomattavasti kiertoliikkeen R keskimääräistä
 suuruutta suurempi. Tämä suhde on sopivimmin suurempi kuin
 noin 0,75. Se on vielä edullisesti suurempi kuin 1,0 ja
 20 kaikkein sopivimmin yli 5,0. Standardipoikkeaman suhde
 kiertoliikkeen keskimääräiseen suuruuteen kuidun A yh-
 teydessä on 8,3.

Kuitujen epäsäännöllinen muoto antaa villaeristys-
 materiaalille yhtenäisemmän tilavuustäyttöominaisuuden.
 25 Aikaisemmin tunnetut pääasiassa suorat kuidut on asetettu
 satunnaisella tavalla villapakkaukseen. Ne eivät ole yhte-
 näisiä tilavuustäytön suhteen. Yhtenäisellä tilavuustäy-
 töllä tarkoitetaan sitä, että kuidut pyrkivät levittäyty-
 mään ulos ja täyttämään koko niitä varten käytössä olevan
 30 tilan yhtenäisellä tavalla. Yhtenäisempi tilavuustäyttö-
 ominaisuus mahdollistaa lasikuitujen tehokkaamman käytön
 lämpövirtauksen vastustamiseksi.

Röntgensädetietokonetomografiaan (CAT-pyyhkäisyyn)
 liittyvä koestus on osoittanut, että esillä olevan keksin-
 35 nön yhteydessä käytetyt muodoltaan epäsäännölliset kuidut

sisältävät luontaisen erilläänpysymistaipumuksensa johdosta paljon yhtenäisemmän tilavuustäyttöominaisuuden kuin aikaisemmin tunnetut standardimalliset lasikuidut. Villapakkauksien CAT-tiheyspyyhkäisytestissä aikaisemmin tunnettujen standardimallisten lasikuitujen muodostama villapakkaus sisältää standardipoikkeaman, joka on suunnilleen kaksinkertainen epäsäännöllisten kuitujen muodostamaan pakkaukseen verrattuna. Siten esiintyy huomattavasti alhaisempi tiheysmuutosmäärä epäsäännöllisten kuitujen muodostamassa pakkauksessa, mikä ilmaisee pääasiassa yhtenäisen tilavuudentäyttöominaisuuden.

Villaeristysmateriaalin yhtenäinen tilavuudentäyttöominaisuus voidaan lisäksi ilmaista mittaamalla lämmönjohtavuus. Rakennuseristystuotteet arvioidaan niiden lämpövirtaukseen liittyvän pidätyskyvyn suhteen. Kestävyys lämpövirtausta vastaan eli R-arvo on yleisin mitta eristystuotteen kyvyn suhteen pidättää rakenteesta tulevaa lämpövirtausta. R-arvo määritetään yhtälöstä: $R \text{ arvo} = t/k$, jossa R-arvo tarkoittaa kestävyyttä lämpövirtauksen suhteen suureina $\text{hrft}^{20}\text{F/Btu}$ ($\text{m}^{20}\text{C/W}$) ilmaistuna; t:n merkityksessä talteenottopaksuutta tuumina (mm); ja k lämmönjohtavuutta suureina $\text{Btu tuumaa/hrft}^{20}\text{F}$ ($\text{W/m}^2\text{C}$).

Lämmönjohtavuus tai k-arvo on mittana materiaalin lämmönjohtavuuskyvylle. Siten, mitä pienempi materiaalin k-arvo on, sitä paremmin materiaali toimii eristimenä. Lisäksi, mitä yhtenäisempi materiaalin muodostama ristikkorakenne on, sitä suurempi on materiaalin eristyskyky. Siten lämmönjohtavuutta voidaan käyttää eristysmateriaalin yhtenäisen tilavuustäyttöominaisuuden mittana.

Esillä olevan keksinnön mukaiset eristystuotteet saavat aikaan huomattavan vähennyksen k-arvoissa aikaisemmin tunnettuihin sovelluksiin verrattuna samanlaisen tuotetiheyden ja kuituläpimitan yhteydessä. Villaeristystä varten, jolla on kiinteä tuotetiheys, 0,3 - 0,6 pcf (4,8 - 9,6 kg/m^3) ja kiinteä kuituläpimita, esillä oleva keksintö

- tarjoaa käyttöön k-arvot, jotka ovat 10 - 17 k-pistettä alhaisempia kuin aikaisemmin tunnettujen parhaiden standardituotteiden mukaiset arvot. Tämän tiheyden yhteydessä yksi k-piste, tai tuhanneosa k-arvosta, tarkoittaa noin
- 5 1/2 % lasikuitutiheyttä, joka tarvitaan vastaavaa kuumenuskykyä varten. Siten esillä olevan keksinnön mukainen villaeristysmateriaali vaatii noin 5 - 8 1/2 % vähemmän lasia kuin aikaisemmin tunnettu materiaali samoja k-arvoja varten vastaavan R-arvon muodostamiseksi. Vastaavia paino-
- 10 säästöjä saavutetaan tiheydeltään keskimääräisiä ja korkeita eristysmateriaaleja varten. Keksinnön mukaiset eristystuotteet sisältävät k-arvot, jotka ovat alle noin 3,000 Btu tuumaa/hrft²⁰F (0,0432 W/m°C) arvolla 0,5 pcf (8,0 kg/m³); kuidun tehokkaan läpimitan ollessa 5 mikronia.
- 15 Eristystuotteet pakataan voimakkaasti kokoonpuristettuina suuremman eristysmäärän asettamiseksi määrättyyn tilaan, kuten kuorma-autoon. Asennuspaikalla eristystuote puretaan pakkauksesta ja tuote laajenee tai tulee entiselleen. Paksuutta, johon eristystuote palautuu, kutsutaan
- 20 palautetuksi paksuudeksi. Eristysmateriaalin ominaispaksuus vaaditaan sellaiseksi, että se täyttää ominaisarvon R.
- Eristystuotteen palautumiskyky riippuu sekä puristamattoman tuotteen tiheydestä että siitä tiheydestä, johon tuote puristetaan. Villaeristysmateriaali voidaan yleensä luokitella kolmeen laajaan kategoriaan: kevyt, keskimääräinen ja raskas tiheys. Tiheydeltään kevyiden eristystuotteiden tuotetiheys on 0,3 - 0,6 pcf (4,8 - 9,6 kg/m³). Tiheydeltään raskaiden eristysmateriaalien tuoteti-
- 25 heys on yli 1,0 pcf (16 kg/m³).
- Puristettu tiheys tarkoittaa tiheyttä, johon villakappale voidaan puristaa kuljetusta varten säilyttäen yhä tyydyttävä palautumiskyky. Jos tuote puristetaan liian suureen tiheyteen, huomattava osa lasikuiduista saattaa
- 30 murtua. Tämän seurauksena tuote ei palaudu tyydyttävään
- 35

paksuuteen. Aikaisemmin tunnetuissa suorista kuiduista tehdyissä tiheydeltään kevyissä eristystuotteissa käytännössä suurin mahdollinen puristettu tiheys on noin 3 - noin 6 pcf (48 - 96 kg/m³) tuotetiheydestä riippuen.

5 Esillä olevan keksinnön mukaiset tiheydeltään kevyet villaeristysmateriaalit sisältävät huomattavasti paremmat palautumisominaisuudet. Tämä palautumiskyvyn lisäys johtuu muodoltaan epäsäännöllisten kuitujen ainutlaatuisesta muodosta ja ominaisuuksista. Esillä olevan
10 keksinnön mukaisten epäsäännöllisten lasikuitujen sideaineen puuttumisen johdosta voisi odottaa niiden liukuvan kokoonpuristamisen yhteydessä aikaisemmin tunnettujen sideaineettomien suorien kuitujen tavoin. Nämä muodoltaan epäsäännölliset kuidut eivät kuitenkaan voi liukua kovin
15 pitkälle, koska niiden epäsäännöllinen muoto kiinnittyy vierekkäisiin kuituihin estäen siten suuremman liikkeen. Lisäksi ei ole olemassa mitään sideaineen asetusrasitusta lähellä leikkauskohtia olevissa kuiduissa. Sen sijaan esillä olevan keksinnön mukaiset muodoltaan epäsäännölliset kuidut kiertyvät ja taipuvat rasituksen poistamiseksi.
20 Siten kuituasennot säilytetään ja käytettävissä oleva energia palautumista varten tallennetaan kuituun. Tämä tallennettu energia vapaututetaan, kun puristus poistetaan ja kuidut palaavat palautumisasentoonsa.

25 Ilmaisu "palautumissuhde" määritetään esillä olevan keksinnön yhteydessä palautuneen tiheyden ja puristetun tiheyden välisenä suhteena, kun eristystuote on puristettu puristustiheyteen, purettu pakkauksesta ja sen on sallittu palautua normin ASTM C167-90 mukaiseen palautuneeseen tiheyteen. Esimerkiksi 6 pcf:n (96 kg/m³) tiheyteen puristettu eristystuote, joka palautuu 0,5 pcf:n (8 kg/m³) tiheyteen, sisältää suuruudeltaan 12:1 olevan puristussuhteen.
30 Esillä olevan keksinnön mukaiset tiheydeltään kevyet villakappaleet voidaan puristaa noin 6 - noin 18 pcf:n (96 -
35 288 kg/m³) puristustiheyteen ja ne voivat palautua noin

0,3 - noin 0,6 pcf:n ($4,8 - 9,6 \text{ kg/m}^3$) suuruiseen palautuneeseen tiheyteen. Tämä merkitsee suuruudeltaan noin 12:1 - noin 50:1 olevaa puristussuhdetta. Keksinnön mukaiset eristystuotteet puristetaan edullisesti noin 9 - noin 18 pcf:n ($144 - 288 \text{ kg/m}^3$) puristustiheyteen ja palautetaan noin 0,3 - noin 0,6 pcf:n ($4,8 - 9,6 \text{ kg/m}^3$) palautettuun tiheyteen. On suotavinta, että tiheydeltään kevyet eristystuotteet puristetaan noin 9 - noin 15 pcf:n ($144 - 240 \text{ kg/m}^3$) puristustiheyteen ja palautetaan noin 0,3 - noin 0,5 pcf:n ($4,8 - 8 \text{ kg/m}^3$) suuruiseen palautuneeseen tiheyteen.

Tämän dramaattisen lisäyksen vaikutus puristuksen määrässä, joka voidaan kohdistaa esillä olevan keksinnön mukaisiin tiheydeltään kevyisiin eristystuotteisiin säilyttäen yhä tyydyttävä palautunut tiheys, on huomattava. Standardimallisia R19-eristystuotteita varten puristettua tiheyttä voidaan lisätä arvosta noin 4 pcf (64 kg/m^3) - arvoon noin 12 pcf (192 kg/m^3) käyttämällä esillä olevan keksinnön mukaisia muodoiltaan epäsäännöllisiä lasikuituja. Tämän seurauksena voidaan saada noin kolminkertainen määrä eristysmateriaalia, jota voidaan kuljettaa tilavuudeltaan saman kuljetusvälineen, kuten kuorma-auton tai rautatievaunun, avulla. Mahdolliset säästöt kuljetuskustannuksissa ovat hyvin suuria. Lisäksi enemmän kokoonpuristetut eristystuotteet tarjoavat käyttöön etuja tuotteen varastoinnissa ja varastojen käsittelyssä, vähittäismyynnissä ja asennuksessa.

Esillä olevan keksinnön mukaisten ainutlaatuisten muodoiltaan epäsäännöllisten lasikuitujen valmistamiseksi vaaditaan erityisiä koostumuksia, jotka ovat useiden vaatimusten alaisia. Ensimmäinen vaatimus käsittää lämpölaajenemiskertoimen. Lasin A tai B lämpölaajenemiskertoimen arvolle ei ole olemassa mitään suoraa vaatimusta. On kuitenkin suotavaa, että lasin A ja B lämpölaajenemiskertoimet mitattuina yksittäisissä laseissa standarditankotek-

niikoiden avulla eroavat toisistaan ainakin arvon 2,0 ppm°C verran.

Eräänä toisena vaatimuksena muodoltaan epäsäännöllisten lasikuitujen tyydyttävän kaupallisen valmistuksen yhteydessä on viskositeettilämpötila, joka tarkoittaa lämpötilaa, jossa lasin viskositeetti on 1 000 poisea mitattuna kiertävää sylinteriä käyttävän standarditekniikan avulla. Tätä lämpötilaa kutsutaan yleensä log3-viskositeettilämpötilaksi. Log3-viskositeettilämpötila on sopivimmin noin 1 850 °F (1 010 °C) - noin 2 050 °F (1 121 °C), edullisesti noin 1 900 °F (1 037 °C) - noin 2 000 °F (1 083 °C), ja kaikkein edullisimmin noin 1 950 °F (1 065 °C).

Eräänä lasille asetettuna lisävaatimuksena on sen likvidusarvo eli sulan kidelaatualueen alaraja. Lasin likvidusarvo tarkoittaa korkeinta lämpötilaa, jossa kiteet ovat vakaassa tilassa sulassa lasissa. Riittävän ajan kuluessa likviduslämpötilansa alapuolella oleva lasi kiteytyy. Uunissa tapahtuva kiteytyminen voi johtaa kiinteiden hiukkasten muodostumiseen, jotka kuljettuaan kuiduttimen kautta kiinnittyvät kehrulaitteen aukkoihin tukkien ne. Esillä olevan keksinnön mukaisen kaksoislasikoostumuksen sekä lasin A että B log3-viskositeettilämpötilan ja likvidusarvon välinen ero on sopivimmin vähintään 50 °F (28 °C) ja sopivimmin yli noin 200 °F (111 °C) alhaisempi kuin log3-viskositeettilämpötila. Jos tätä ehtoa ei täytetä, kiteytyminen voi tapahtua kehrulaitteen alhaisemmassa (so. kylmemmässä) osassa ja tukkia kehrulaitteen aukot.

Esillä olevan keksinnön mukaisen lasikoostumuksen eräänä lisävaatimuksena on lasin kestävyys. Lasin kestävyys liittyy kahteen lasivillapakkauksen ominaisuuteen. Ensimmäinen ominaisuus käsittää lasivillapakkauksen kyvyn palautua sen ollessa avattuna asennusta varten. Toisena ominaisuutena on lasivillapakkauksen pitkäaikainen fyysikaalinen eheys. Jos lasin kemiallinen kestävyys on liian

alhainen, se ei kykene asennuksen yhteydessä palautumaan ohjepaksuuteensa. Jos villapakkaus ei kykene täysin palautumaan tai hajoaa liian nopeasti, se ei voi suorittaa eristystehtäväänsä riittävällä tavalla.

- 5 Lasikuidun kemiallisen kestävyysden käyttökelpoinen mitta eristyssovellusta varten saadaan mittaamalla yhden gramman suuruinen painoprosenttivähennys läpimitaltaan 10 mikrometriä olevissa kuiduissa kahden tunnin jälkeen 0,1 litrassa 205 °F:n (96 °C) lämpötilassa olevaa tislattua vettä. Tällä tavoin mitattu kestävyys riippuu suuresti lasikuitujen koostumuksesta ja pienemmässä määrin myös kuidun lämpöhistoriasta. Villapakkauksen riittävän suorituskyvyn varmistamiseksi kummankin kaksoislasikoostumuksen sisältämien kuitujen painohäviön olisi tämän koestuksen yhteydessä oltava alle noin 4 % ja sopivimmin alle noin 2,5 %. Lasin koostumukseen kohdistuvan voimakkaan riippuvuuden lisäksi lasikuidun kemiallinen kestävyys riippuu pienemmässä määrässä lämpöhistoriastaan. Siten esimerkiksi lasikuidun kuumentaminen useiden minuuttien ajan lämpötilassa 1 000 °F (538 °C) parantaa jonkin verran sen kemiallista kestävyyttä. On selvää, että tässä yhteydessä selostetut kemiallisen kestävyysajan rajat viittaavat mittauksiin lasikuitujen yhteydessä, joita ei ole lämpökäsitelty muuten kuin niiden alkuperäistä ohentamista varten tarkoitettulla tavalla. Koska lasivillaeristys sisältää yleensä joitakin kuituja, jotka ovat kyllin ohuita tullakseen hengitetyiksi sisään, jos ne murtuvat lyhyiksi osiksi, on mahdollista, että jotkut kuidut sekoittuvat ilmaan ja tulevat sisäänhengitetyiksi. Kehossa ne joutuvat fysiologisten juoksevien väliaineiden alaisiksi. Ottaen huomioon, että kuitujen hajoamisnopeudella kehossa on tietty merkitys sisäänhengitettyjen kuitujen biologista aktiivisuutta ajatellen, voi olla suotavaa valmistaa lasikuituja, joilla on suhteellisen suuri hajoamiskyky tällaisiin juokseviin väliaineisiin. Lasikuitujen hajoamisnopeus ilmaistaan ha-

joamisnopeusvakiona, joka on mitattu simuloidussa keuhko-
 nesteessä lämpötilassa 98 °F (37 °C) olevia kuituja varten.
 Tämä vakioarvo on suuresti riippuvainen lasikuidun koostu-
 muksesta ja vähäisemmässä määrin sen lämpöhistoriasta. On
 5 suotavaa käyttää lasikoostumuksia, joiden hajoamisnopeus-
 vakio on vähintään 100 ng/cm²h. Kemiallisen kestävyys-
 lisäksi kuidun tätä seuraava lämpökäsittely vähentää sen
 hajaantumisenopeutta. On selvää, että suuruudeltaan 100 ng/
 cm²h oleva raja on voimassa kuituja varten, jotka on muo-
 10 dostettu villaeristyspakkaukseksi lopullisessa tuotemu-
 dossaan.

Esillä olevan keksinnön mukaiset kaksoislasikoostu-
 mukset, jotka käsittävät paljon boraattia ja vähän soodaa
 sisältävän kalkkialumiinisilikaattiseoksen lasina A ja
 15 paljon soodaa ja vähän boraattia sisältävän kalkkialumi-
 nisilikaattiseoksen lasina B, täyttävät kaikki menestyk-
 sellisen, muodoltaan epäsäännöllisen kuidun valmistukseen
 liittyvät vaatimukset. Paljon boraattia ja vähän soodaa
 sisältävän kalkkialumiinisilikaattiseoksen yhteydessä la-
 20 sin boraattipitoisuus on noin 14 - noin 24 painoprosenttia
 komponenttien kokonaispainosta. Paljon soodaa ja vähän bo-
 raattia sisältävässä kalkkialumiinisilikaattikoostumukses-
 sa lasin soodapitoisuus on noin 14 - noin 25 painoprosent-
 tia komponenttien kokonaispainosta.

25 Ensimmäinen lasikoostumus sisältää sopivimmin noin
 50 - noin 61 painoprosenttia piidioksidia tai SiO₂:ta, noin
 0 - noin 7 % alumiinioksidia tai Al₂O₃:a, noin 9 - noin
 13 % kalkkia tai CaO:ta, noin 0 - noin 5 % magnesiumoksi-
 dia tai MgO:ta, noin 14 - 24 % boraattia tai B₂O₃:a, noin
 30 0 - noin 10 % soodaa tai Na₂O:ta, ja noin 0 - 2 % kaliumok-
 sidia tai K₂O:ta.

..
 ..
 ..
 ..
 35 Toinen lasikoostumus sisältää sopivimmin noin 52 -
 noin 60 painoprosenttia piidioksidia tai SiO₂:ta, noin 0 -
 noin 8 % alumiinioksidia tai Al₂O₃:a, noin 6 - noin 10 %
 kalkkia tai CaO:ta, noin 0 - noin 7 % magnesiumoksidia tai

MgO:ta, noin 0 - 6 % boraattia tai B_2O_3 :a, noin 14 - noin 25 % soodaa tai Na_2O :ta, ja noin 0 - 2 % kaliumoksidia tai K_2O :ta. On selvää, että jokainen koostumus sisältää yleensä kokonaisuudessaan vähemmän kuin noin 1 %:n erilaisia
 5 muita aineosia, kuten esimerkiksi Fe_2O_3 :a, TiO_2 :ta ja SrO :ta, joita ei ole tarkoituksellisesti lisätty lasiin, vaan jotka tulevat annostuserissä käytetyistä raaka-aineista.

Yksityiskohtaisemmin tarkastellen esillä olevan
 10 keksinnön mukainen kaksoislasikoostumus käsittää ensimmäisen lasikoostumuksen, joka sisältää noin 52 - 57 % piioksidia, 4 - 6 % alumiinioksidia, 10 - 11 % kalkkia, 1 - 3 % magnesiumoksidia, 19 - 22 % boraattia, 4 - 6 % soodaa, 0 - 2 % kaliumoksidia, ja toisen lasikoostumuksen, joka sisältää
 15 noin 57 - 65 % piioksidia, 8 - 9 % kalkkia, 4 - 6 % magnesiumoksidia, 0 - 6 % boraattia, 15 - 21 % soodaa ja 0 - 2 % kaliumoksidia.

Esimerkki 1

Esillä olevan keksinnön mukaiset muodoltaan epä-
 20 säännölliset lasikuidut valmistettiin annostyyppisessä pientehoisessa laboratoriokehruulaitteessa esillä olevan keksinnön mukaisen menetelmän avulla. Villakappaleiden koestusneliöt valmistettiin sitten 50 grammasta kuituja kooltaan 8 x 8 (203 mm x 203 mm) olevana näytteenä. Näiden
 25 koestusneliöiden palautuminen mitattiin vertaamalla palautettua paksuutta kokoonpuristettuun paksuuteen. Yhden viikon puristus määrä oli 12 pcf (192 kg/m^3).

Aikaisemmin tunnetun sideaineella varustetun standardieristystuotteen palautumissuhde oli 18:1. Aikaisemmin
 30 tunnetun ilman sideainetta olevan villaeristysmateriaalin palautumissuhde oli 14,1:1. Esillä olevan keksinnön mukaisen ilman sideainetta olevan muodoltaan epäsäännöllisen villaeristysmateriaalin palautumissuhde oli 32:1 - 34:1 kolmen koestetun näytteen yhteydessä.

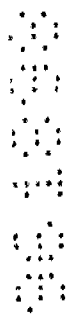
Esimerkki 2

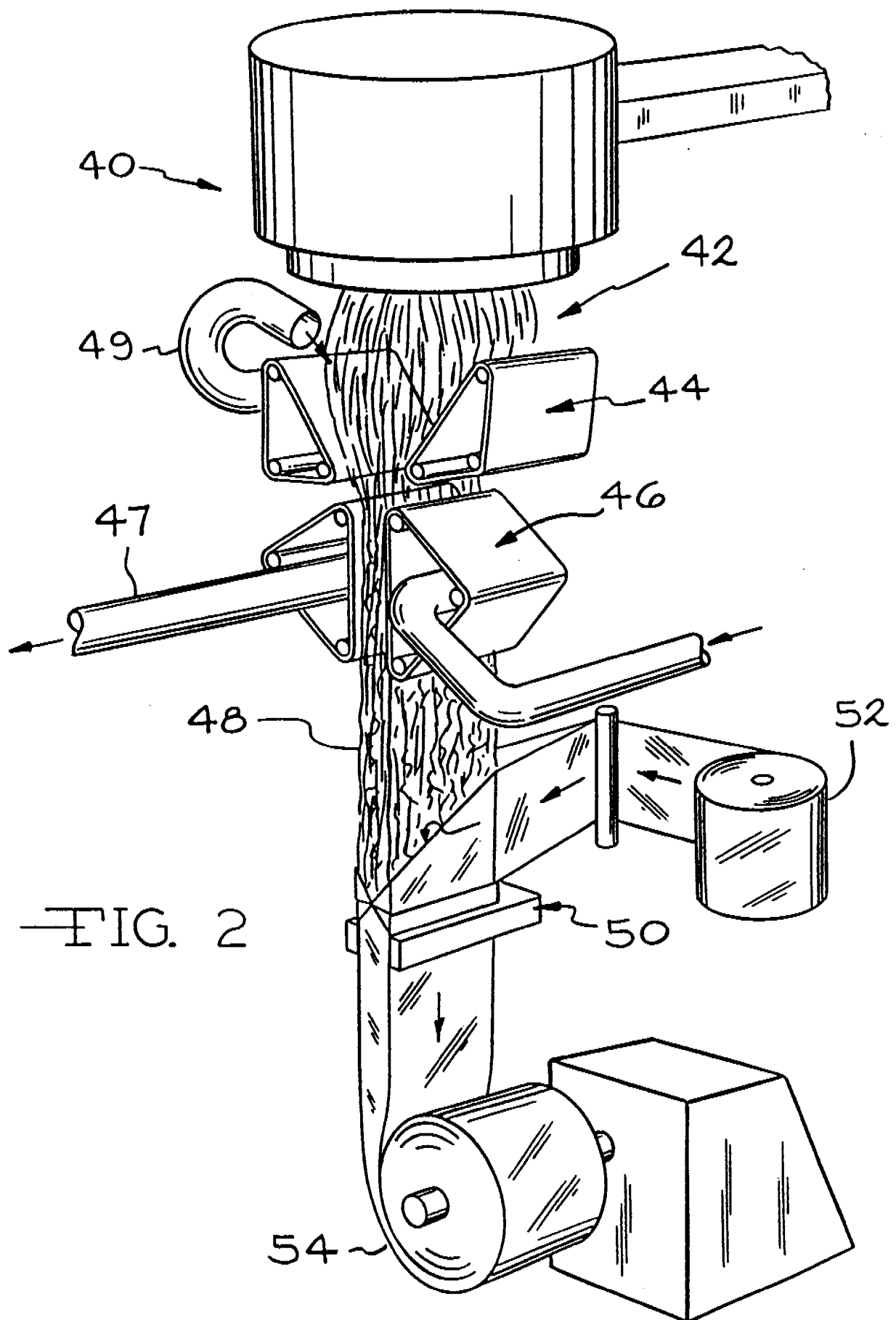
Villaeristysmateriaalin lämmönjohtavuus puristusarvolla 0,5 pcf ($8,0 \text{ kg/m}^3$) ja 5 mikronin läpimitalla mitattiin käyttämällä ASTM-koestusta C518. 20 koestetun näytteen yhteydessä sideaineella varustetun standardivillakappaleen keskimääräinen k-arvo oli 0,308. Esillä olevan keksinnön mukaisen muodoiltaan epä säännöllisen villaeristysmateriaalin 20 koestetun näytteen yhteydessä saavutettiin keskimääräinen k-arvo 0,291, joten erona oli 17 k-pistettä. Koska yksi k-piste edustaa suunnilleen 1/2 % lasista, esillä olevan keksinnön mukainen villaeristysmateriaali vaatii 8 1/2 % vähemmän lasia kuin aikaisemmin tunnettu materiaali saman R-arvon saavuttamiseksi.

Patenttivaatimukset

1. Muodoltaan epäsäännöllisistä lasikuiduista tehty eristystuote, jolla on pääasiassa yhtenäinen tilavuustäyt-
5 töominaisuus, t u n n e t t u siitä, että tämän tuotteen palautumistiheys on noin 0,3 - noin 0,6 pcf (naulaa/kuutiojalka) (4,8 - 9,6 kg/m³) kokoonpuristamisen jälkeen suuruudeltaan noin 6 - noin 18 pcf (96 - 288 kg/m³) olevaan puristettuun tiheyteen.
- 10 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen eristystuote, t u n n e t t u siitä, että tämän tuotteen palautumistiheys on noin 0,3 - noin 0,6 pcf (4,8 - 9,6 kg/m³) kokoonpuristamisen jälkeen suuruudeltaan noin 9 - noin 18 pcf (144 - 288 kg/m³) olevaan puristettuun tiheyteen.
- 15 3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen eristystuote, t u n n e t t u siitä, että tämän tuotteen palautumistiheys on noin 0,3 - noin 0,6 pcf (4,8 - 9,6 kg/m³) kokoonpuristamisen jälkeen suuruudeltaan noin 9 - noin 15 pcf (144 - 240 kg/m³) olevaan puristettuun tiheyteen.
- 20 4. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 3 mukainen eristystuote, t u n n e t t u siitä, että muodoltaan epäsäännölliset lasikuidut käsittävät kaksi erillistä lasikoostumusta, joilla on erilaiset lämpölaajenemiskertoimet näiden molempien lasien lämpölaajenemiskerrointen eron ollessa suurempi kuin noin 2,0 ppm/°C.
- 25 5. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 4 mukainen eristystuote, t u n n e t t u siitä, että muodoltaan epäsäännölliset lasikuidut eivät sisällä sideainetta.
6. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 5 mukainen eristystuote, t u n n e t t u siitä, että tämän tuotteen palautumissuhde on noin 12:1 - noin 50:1.
- 30 7. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 6 mukainen eristystuote, t u n n e t t u siitä, että muodoltaan epäsäännölliset kuidut ovat riittäväällä tavalla kiedottuja

toisiinsa, niin että ilman sideainetta oleva eristystuote säilyttää eheydensä ollessaan ripustettuna oman painonsa varaan.





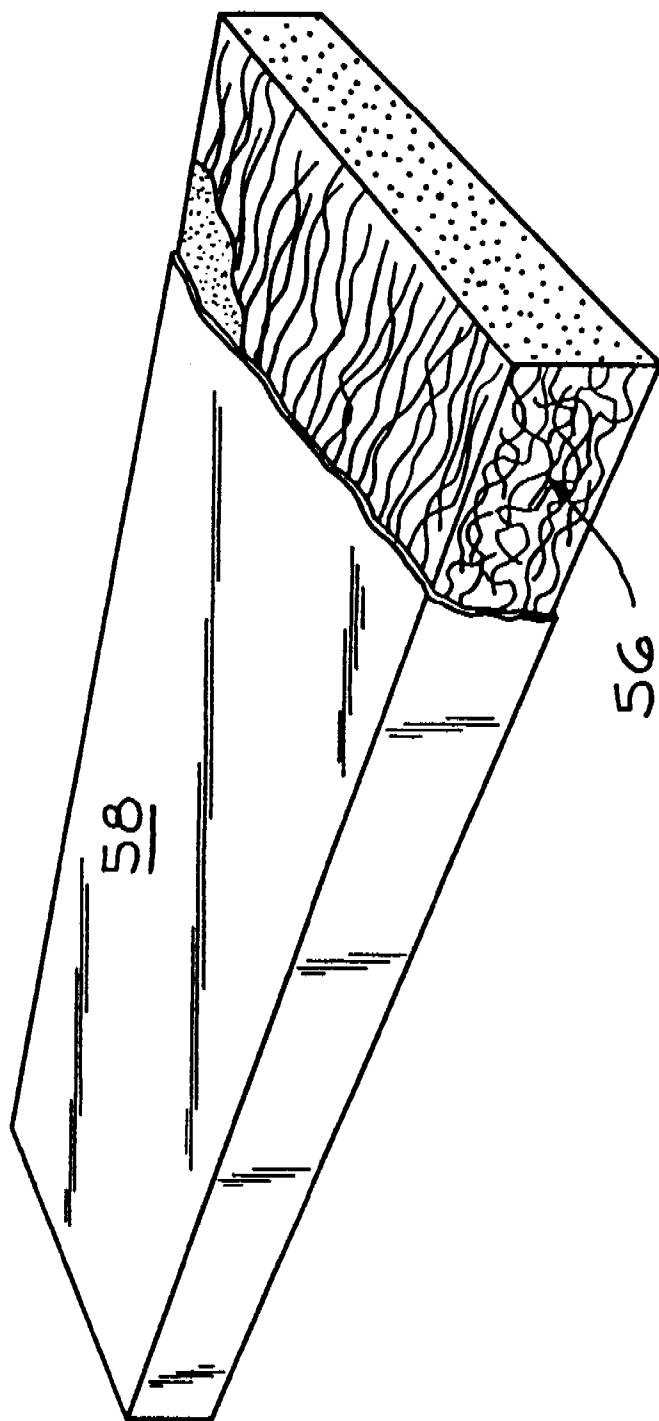


FIG. 3

030388 961028

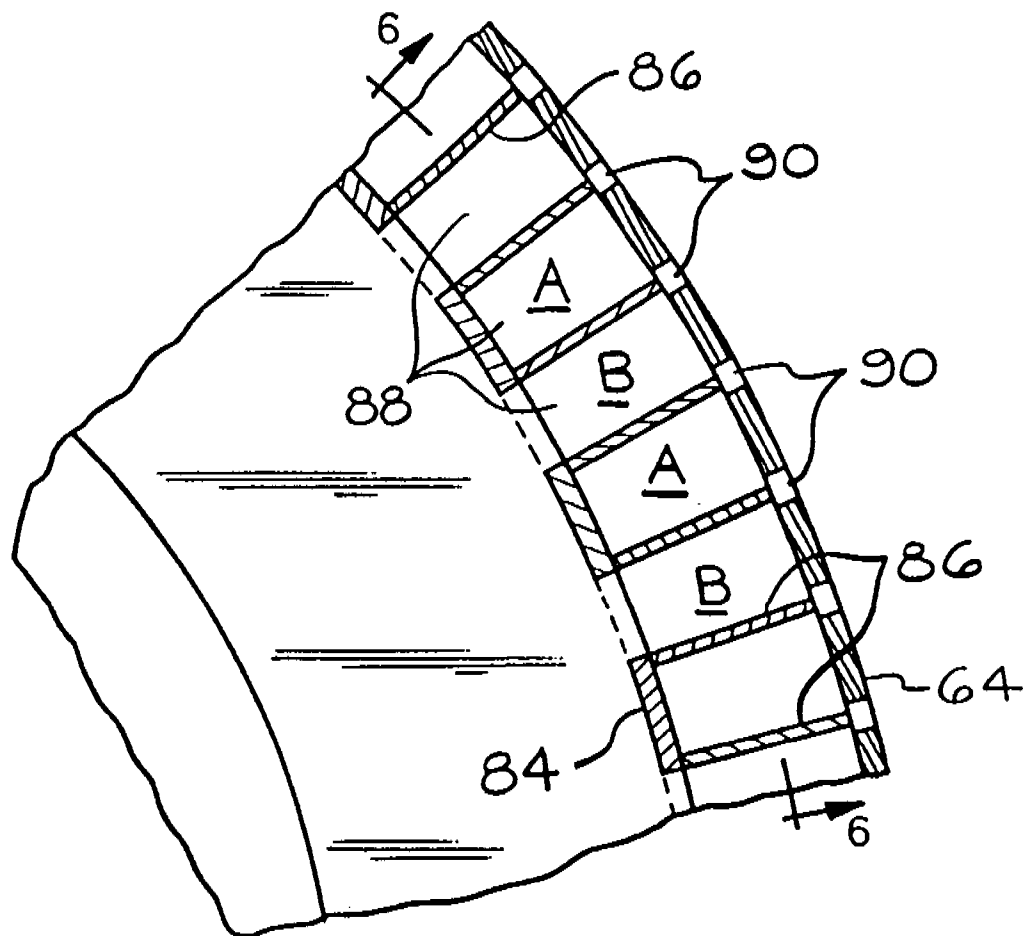


FIG. 5

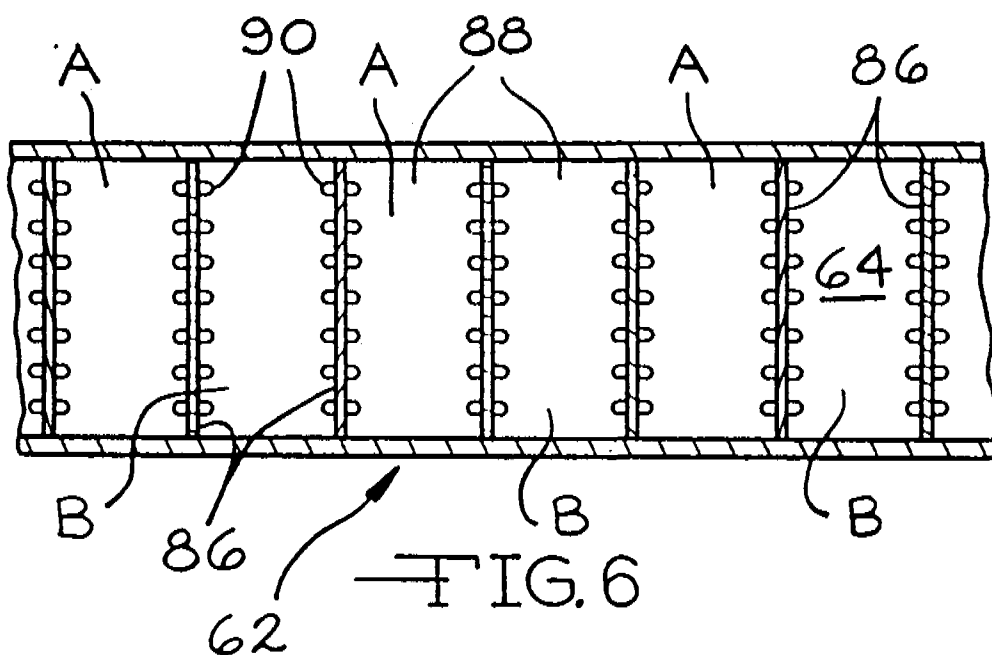


FIG. 6

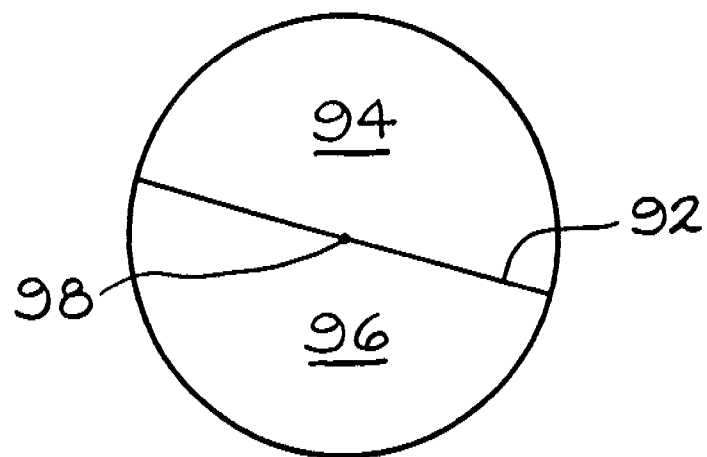


FIG. 7

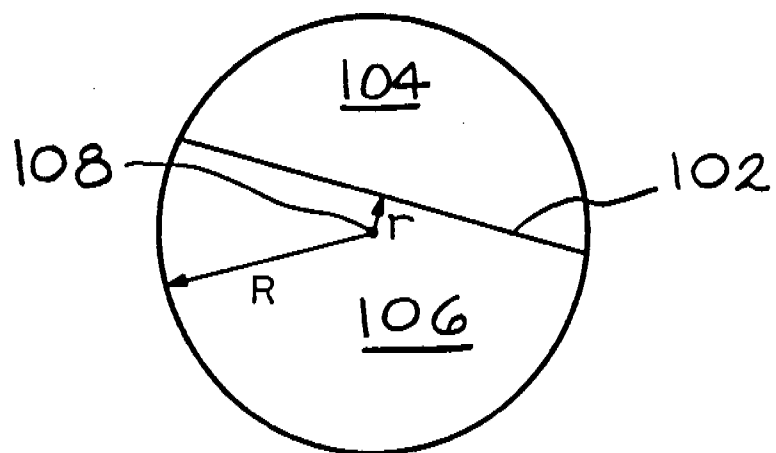


FIG. 8

000000 000000

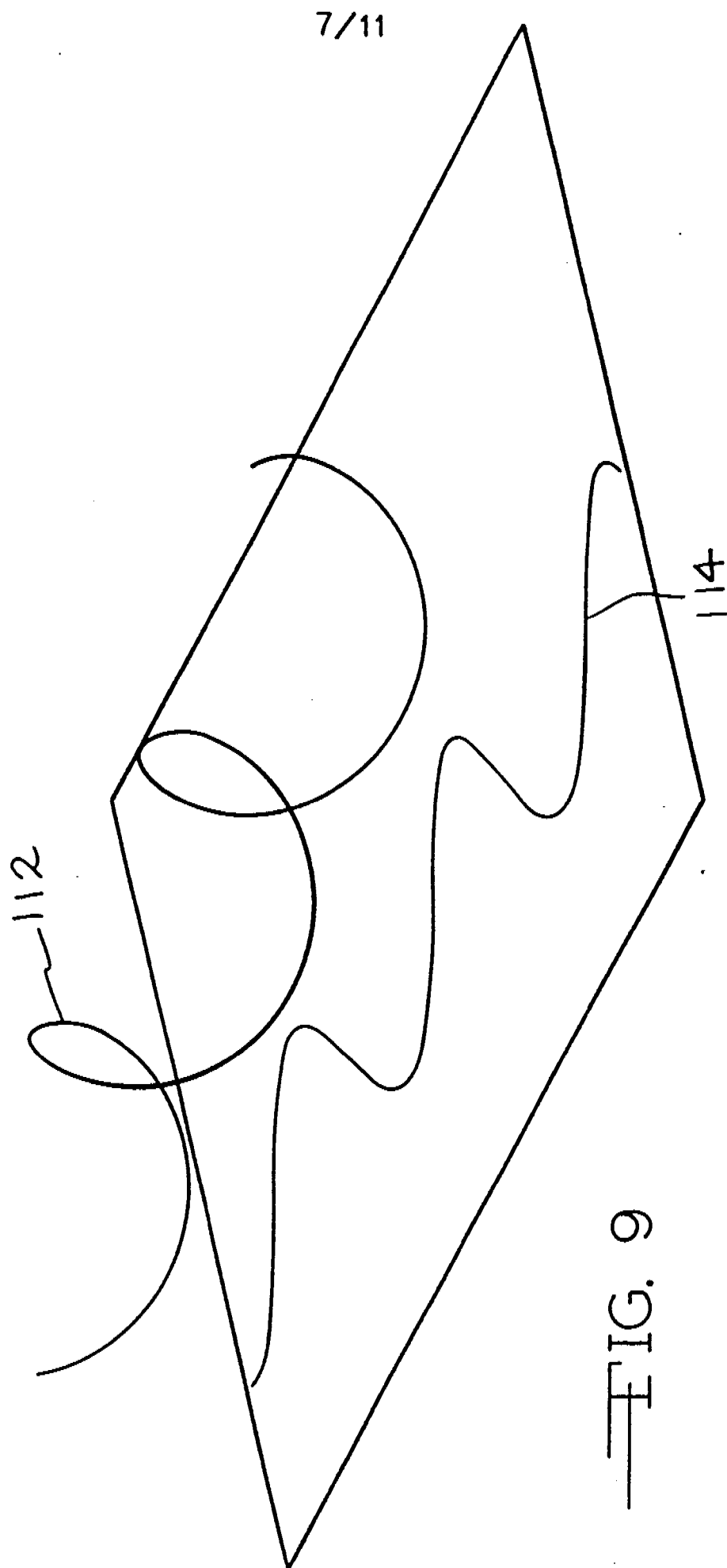


FIG. 9

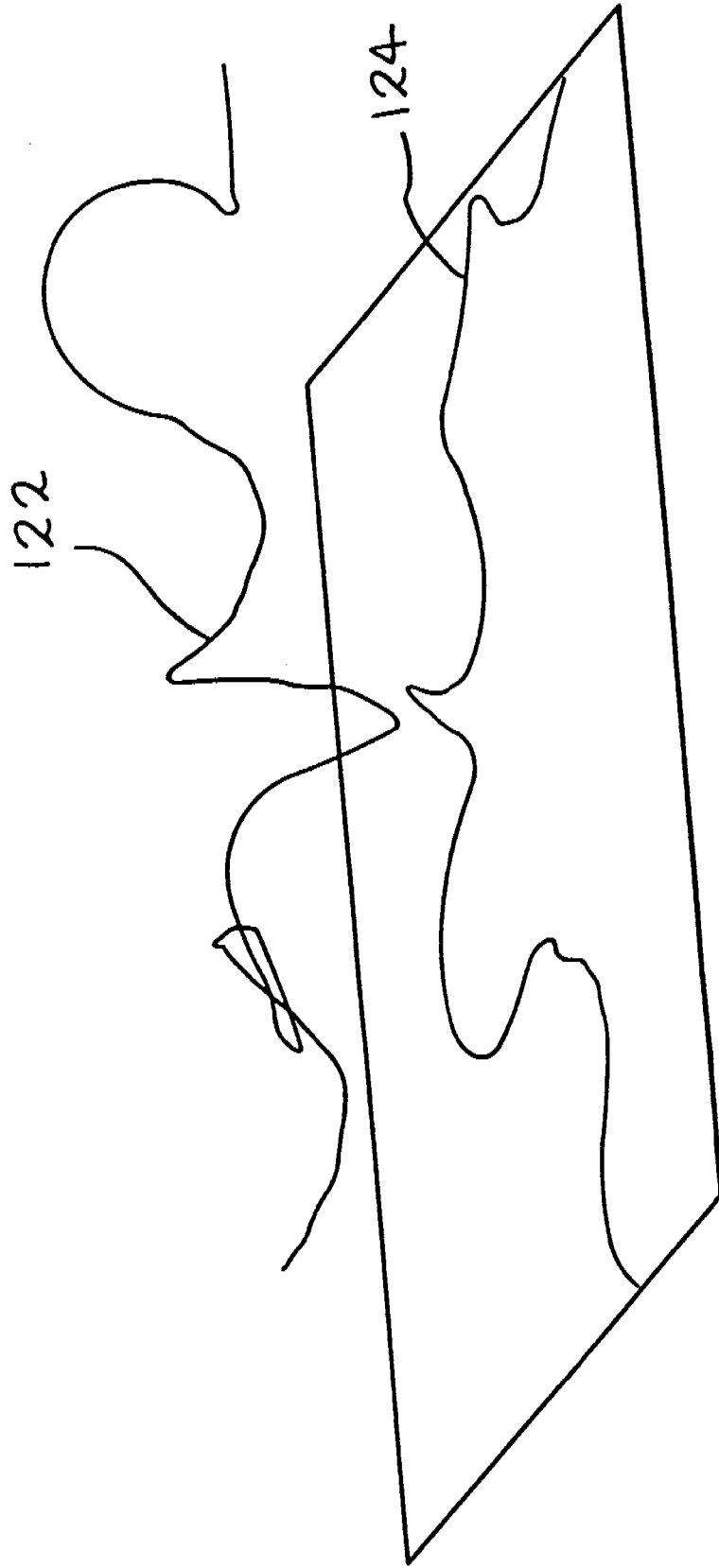


FIG. 10

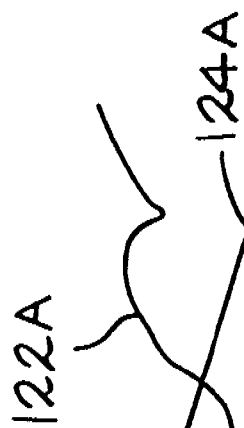


FIG. 11

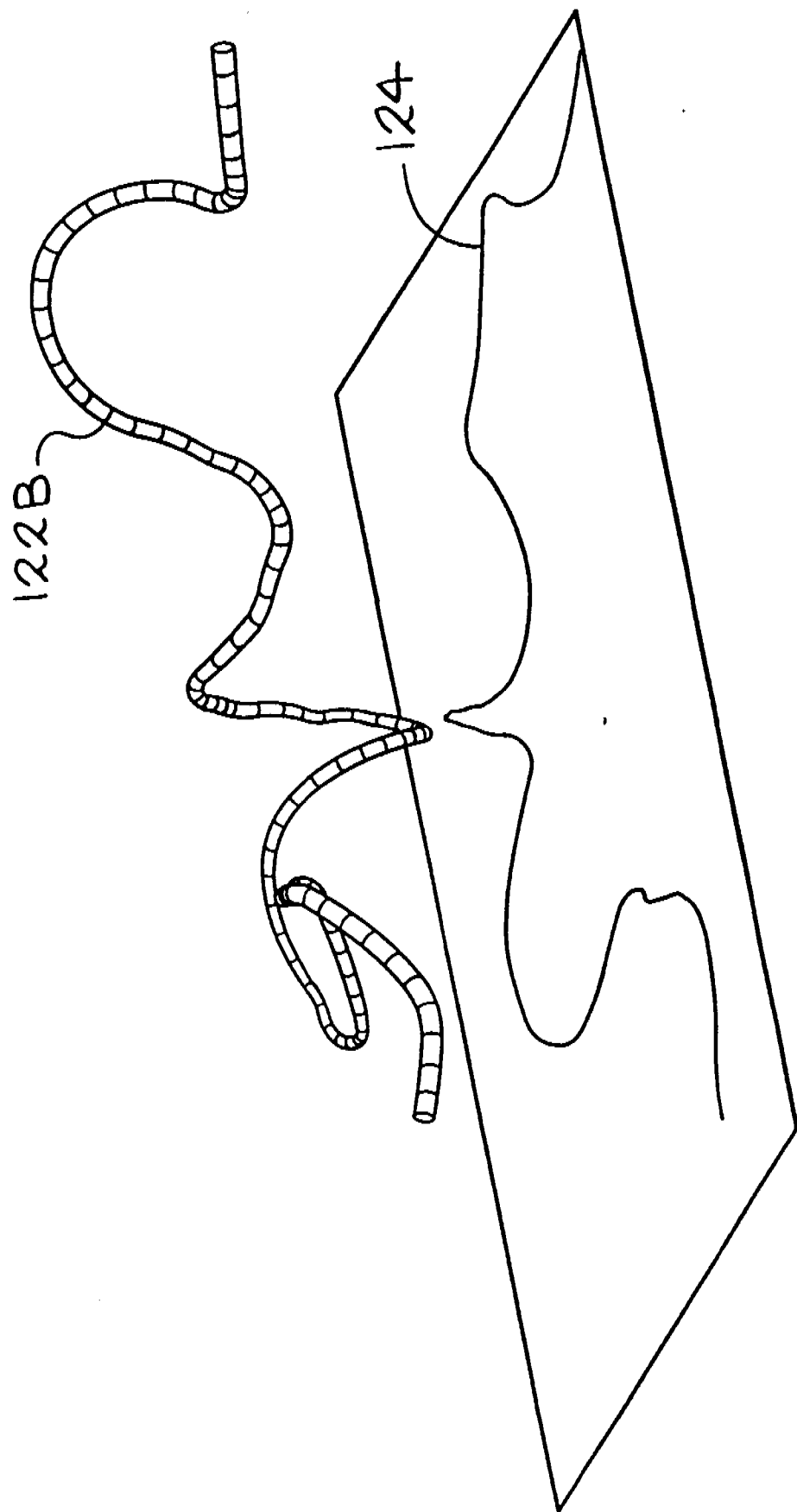


FIG.12

000000 000000

11/11

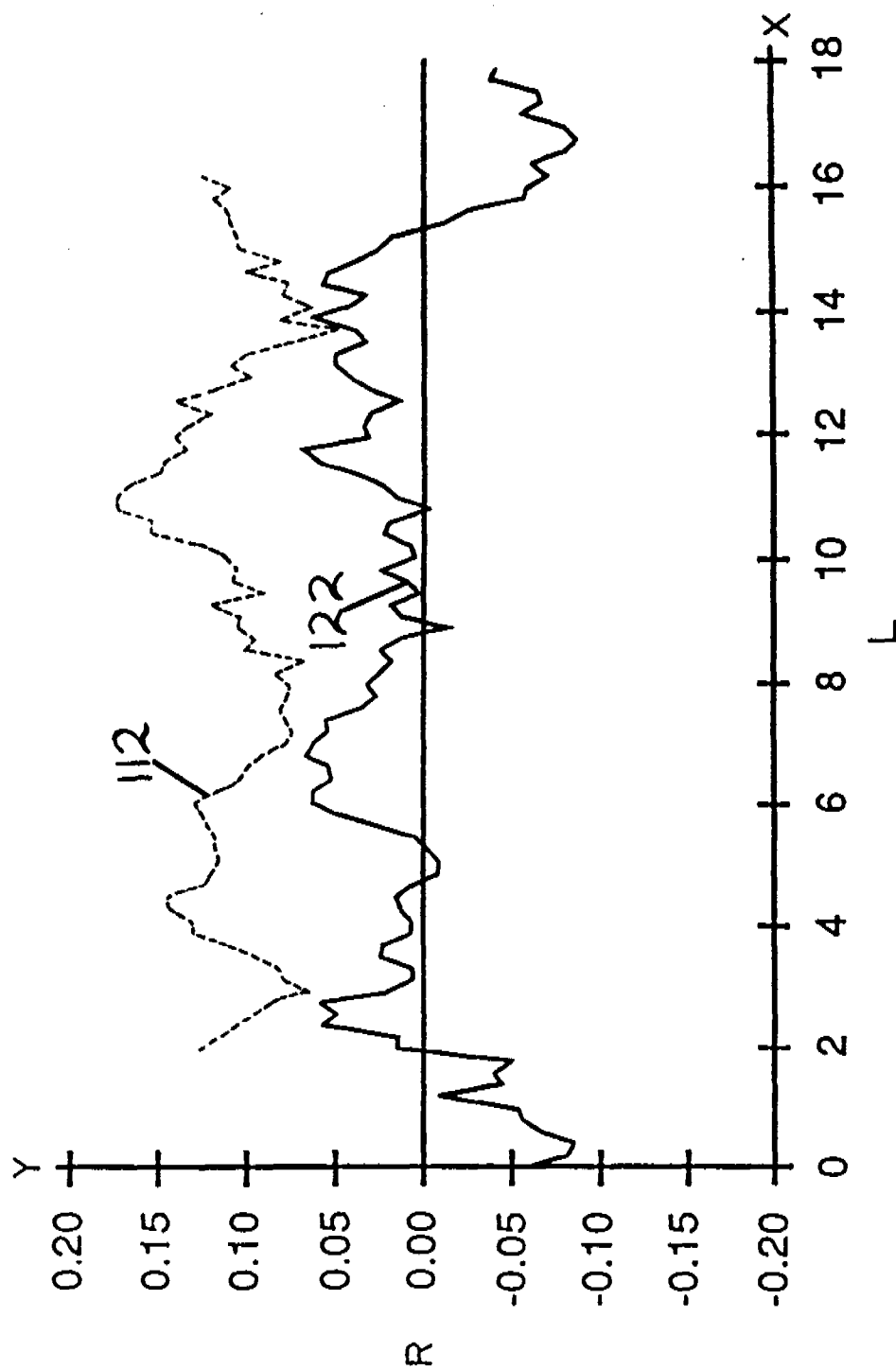


FIG. 13