FI0001093038

SUOMI – FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) **PATENTTIJULKAISU**
PATENTSKRIFT

(10) **FI 109303 B**

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats **28.06.2002**

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7
D21F 11/00

(21) Patenttihakemus - Patentansökning **935864**

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag **27.12.1993**

(24) Alkupäivä - Löpdag **17.06.1992**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig **10.02.1994**

(86) Kv. hakemus - Int. ansökan **PCT/US92/05139**

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

28.06.1991 US 722792 P

(73) Haltija - Innehavare

1 •**The Procter & Gamble Company,** One Procter & Gamble Plaza, Cincinnati, OH 45202, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •**Trokhan,Paul Dennis,** 1356 Warvel Road, Hamilton, OH 45013, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)
2 •**Van Phan,Dean,** 6512 Tylers Crossing, West Chester, OH 45069, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)
3 •**Huston,Larry Leroy,** 8174 Maddox Drive, West Chester, OH 45069, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud: Kolster Oy Ab
Iso Roobertinkatu 23, 00120 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Menetelmä ja laite selluloosakuiturakenteiden valmistamiseksi selektiivisesti suljetulla vedenpoistolla ja tällä tavalla valmistetut selluloosakuiturakenteet
Förfarande och apparat för framställning av cellulosafiberstrukturer medelst selektivt sluten avvattning och cellulosafiberstrukturer framställda på detta sätt

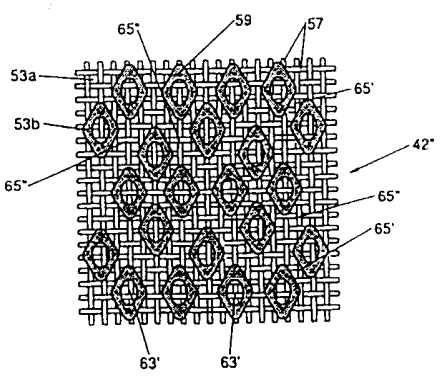
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

---

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö koskee selluloosakuiturakennetta, jossa on useita alueita, jotka erottuvat toisistaan neliömassan suhteen. Rakenne on paperi, jossa on suurin piirtein jatkuva neliömassaltaan suuri verkosto ja erillisiä neliömassaltaan pieniä alueita, jotka ympäröivät erillisiä neliömassaltaan keskinkertaisia alueita. Selluloosakuidut, jotka muodostavat neliömassaltaan pienet alueet, voivat olla suuntautuneina säteittäisesti alueiden keskipisteiden suhteen. Paperi voidaan muodostaa käyttämällä muodostushihnaa, jossa on virtausvastukseltaan erilaisia vyöhykkeitä. Paperin alueen neliömassa on yleisesti ottaen kääntäen verrannollinen muodostushihnan sen vyöhykkeen virtausvastukseen, jolla mainitunlainen alue on muodostettu. Virtausvastuksel-

taan erilaisilla vyöhykkeillä saadaan aikaan suspendoituneita selluloosakuituja sisältävän nestekantajan selektiivinen suotautuminen muodostushihnan eri vyöhykkeiden läpi.



Uppfinningen avser en cellulosafiberstruktur med multipla regioner, vilka skiljer sig från varandra genom basisvikten. Strukturen är ett papper med ett väsentligen kontinuerligt nätverk med hög basisvikt, samt enskilda regioner medlåg basisvikt, vilka omger enskilda regioner med mellanliggande basisvikt. Cellulosafibrerna, vilka bildar regionerna med låg basisvikt, kan vara radiellt orienterade i förhållande till mittpunkterna av regionerna. Papperet kan bildas genom utnyttjande av en vira med zoner av olika strömningsmotstånd. Basisvikten hos en region av papperet är huvudsakligen omvänt proportionell till strömningsmotståndet hos zonen på viran, på vilken en dylik region bildats. Zonerna av olika strömningsmotstånd möjliggör selektiv urvattning av en flytande bärare med suspenderade cellulosafibrer, genom olika zoner av viran.

Menetelmä ja laite selluloosakuiturakenteiden valmistamiseksi selektiivisesti suljetulla vedenpoistolla ja tällä tavalla valmistetut selluloosakuiturakenteet

Keksinnön kenttä

Tämä keksintö koskee menetelmää ja laitteistoa selluloosakuiturakenteen valmistamiseksi, jossa on neliömassaltaan monenlaisia alueita ja tarkemmin määriteltynä useita neliömassa-alueita, jolloin neliömassaltaan suuri alue käsittää suurin piirtein jatkuvan verkoston. Tällainen selluloosakuiturakenne toteutetaan tyypillisesti paperina, jossa on kolme tai useampia alueita, jotka eroavat toisistaan neliömassan suhteen.

Keksinnön tausta

Selluloosakuiturakenteet, kuten paperi, ovat alalla hyvin tunnettuja. Tällaisia kuiturakenteita käytetään nykyisin yleisesti paperipyyhkeinä, pehmeänä vessapaperina, kasvopaperina jne.

Kuluttajan tarpeiden täyttämiseksi näiden selluloosakuiturakenteiden täytyy toteuttaa tasapainoisesti muutamia keskenään kilpailevia etunäkökohtia. Selluloosakuiturakenteella täytyy esimerkiksi olla riittävä vetolujuus, jotta estetään selluloosakuiturakenteen repeytyminen tai hajoaminen suikaleiksi tavanomaisen käytön aikana eli tarpeettomien vetovoimien poissa ollessa. Selluloosakuiturakenteiden täytyy olla myös imykyisiä, niin että nesteet voivat nopeasti imeytyä ja täysin pidättyä selluloosakuiturakenteeseen. Selluloosakuiturakenteen tulisi myös olla riittävän pehmeä, niin että se on miellyttävän tuntuinen eikä karkea käytön aikana. Kuiturakenteella tulisi olla korkea opasiteettiaste, niin ettei näytä käyttäjästä ohuelta eikä heikkolaatuiselta. Näiden kilpailevien etunäkökohtien ollessa taustalla selluloosakuiturakenteen täytyy olla lisäksi taloudellinen, niin että se voidaan val-

mistaa ja myydä tuottavasti ja kuluttajalla on silti varaa siihen.

Vetolujuus, joka on yksi edellä mainituista ominaisuuksista, on kuiturakenteen kyky säilyttää fysikaalinen yhtenäisyytensä käytön aikana. Vetolujuutta säätelee selluloosakuiturakenteen heikoin osa vetojännityksen alaisena. Selluloosakuiturakenteella ei ole suurempaa vetolujuutta kuin millä tahansa vetokuormituksen alaisena olevan selluloosakuiturakenteen alueella, koska selluloosakuiturakenne murtuu tai repeytyy tällaisen heikoimman alueen kohdalta.

Selluloosakuiturakenteen vetolujuutta voidaan parantaa suurentamalla selluloosakuiturakenteen neliömassaa. Neliömassan suurentaminen vaatii kuitenkin suuremman selluloosakuitumäärän käyttöä valmistuksessa, mikä johtaa suurempiin kuluihin ja vaatii luonnonvarojen suurimittaisempaa hyödyntämistä raaka-aineiden saamiseksi.

Imukyky on selluloosakuiturakenteen ominaisuus, joka antaa rakenteelle mahdollisuuden vetää puoleensa ja pidättää kanssaan kosketukseen joutuneita nesteitä. Sekä pidättyvän nesteen absoluuttinen määrä että nopeus, jolla kuiturakenne imee kanssan kosketukseen joutuneita nesteitä, tulee ottaa huomioon ajateltaessa selluloosakuiturakenteen haluttua loppukäyttöä. Selluloosakuiturakenteen tiheys vaikuttaa imukykyyn. Jos selluloosakuiturakenne on liian tiivis, kuitujen väliset huokoset voivat olla liian pieniä ja absorptionopeus ei ehkä ole kyllin suuri aiottuun käyttöön. Jos huokoset ovat liian suuria, rakenteen kanssa kosketuksiin joutuviin nesteisiin vaikuttava kapillaari-imuvoima minimoituu ja pintajännitysrajoitusten vuoksi kuiturakenne ei pidätä nesteitä.

Pehmeys on selluloosakuiturakenteen kyky saada aikaan erityisen toivottava tuntoaistimus käyttäjän iholla. Pehmeyteen vaikuttavat puristuvuuskerroin (kuitujen joustavuus, kuitujen muoto, sitoutumistiheys ja tukemattomien

kuitujen pituus), pinnan tekstuuri (kreppaustiheys, erilaisten alueiden koko ja sileys) ja kitkakerroin tartuntaliukupinnalla. Pehmeys on kääntäen verrannollinen selluloosakuiturakenteen kykyyn vastustaa muodonmuutosta selluloosakuiturakenteen normaalin suunnassa.

Opasiteetti on selluloosakuiturakenteen ominaisuus, joka estää tai vähentää valon kulkua rakenteen läpi. Opasiteetti riippuu suoraan selluloosakuiturakenteen neliömassasta, tiheydestä ja kuitujakautuman yhtenäisyydestä. Selluloosakuiturakenteella, jolla on suhteellisesti suurempi neliömassa tai kuitujakautuman yhtenäisyys, on myös suurempi opasiteetti tiheyden ollessa määrätty. Tiheyden suurentaminen lisää opasiteettia johonkin pisteeseen asti, minkä jälkeen lisätiivistys heikentää opasiteettia.

Yksi kompromissi edellä mainittujen erilaisten ominaisuuksien välillä on muodostaa selluloosakuiturakenne, jossa on toisistaan irti olevia aukkoja, joiden neliömassa on nolla, neliömassaltaan määrätyn suurin piirtein jatkuvan verkoston keskellä. Erilliset aukot edustavat alueita, joilla on pienempi neliömassa kuin suurin piirtein jatkuvalla verkostolla, ja saavat aikaan taipumista selluloosakuiturakenteen tasoon nähden kohtisuorassa suunnassa ja parantavat siten selluloosakuiturakenteen taipuisuutta. Aukkoja ympäröi jatkuva verkosto, jolla on toivottu neliömassa, ja joka säätelee kuiturakenteen vetolujuutta.

Tällaiset selluloosarakenteet ovat tekniikan tasoa vastaavia. US-patenttijulkaisussa 3 034 180, joka on julkaistu 15. toukokuuta 1962 Greinerin *et al.* nimissä, esitetään esimerkiksi selluloosakuiturakenteita, joissa on kaksisuuntaisesti portaittain järjestettyjä aukkoja ja suorissa riveissä olevia aukkoja. Lisäksi tekniikan tasoa kuvaavassa kirjallisuudessa esitetään selluloosakuiturakenteita, joissa aukkojen muoto vaihtelee. Greiner *et al.* esittävät esimerkiksi neliömäisiä aukkoja, vinoneliön muo-

toisia aukkoja, pyöreitä aukkoja ja ristin muotoisia aukkoja.

Rei'itetyillä selluloosakuiturakenteilla on kuitenkin muutamia haittapuolia. Aukot edustavat läpinäkyviä kohtia selluloosakuiturakenteessa ja saattavat aiheuttaa kuluttajalle tunteen, että rakenne on laadultaan tai lujuudeltaan toivottua heikompi. Aukot ovat yleensä liian suuria absorboidakseen ja pidättääkseen juoksevia aineita edellä mainittujen pehmopaperi- ja pyyhetuotteiden yhteydessä tyypillisesti esiintyvien juoksevien aineiden rajoitetun pintajännityksen vuoksi. Reikiä ympäröivän verkoston neliömassaa täytyy myös suurentaa, niin että saadaan aikaan riittävä vetolujuus.

Pelkistetyn tapauksen lisäksi, jossa käytetään aukkoja, joiden neliömassa on nolla, on yritetty saada aikaan selluloosakuiturakenne, jossa on toisistaan irti olevia alueita, joiden neliömassa on pieni mutta ei nolla, suurin piirtein jatkuvan verkoston keskellä. US-patenttijulkaisussa 4 514 345, joka on julkaistu 30. huhtikuuta 1985 Johnsonin *et al.* nimissä, esitetään esimerkiksi kuiturakenne, jossa on erillisiä kuusikulmion muotoisia alueita, joiden neliömassa on pieni, mutta ei nolla. Samanmuotoinen kuvio, jota hyödynnetään tekstiilikankaassa, esitetään US-patenttijulkaisussa 4 144 370, joka on julkaistu 13. maaliskuuta 1979 Boultonin nimissä.

Näissä viitteissä esitettyjen rei'ittämättömien rakenteiden tarjoamia etuja ovat hieman lisääntynyt opasiteetti ja jonkinasteisen imukyvyn esiintyminen erillisillä neliömassaltaan pienillä alueilla, mutta ne eivät ratkaise sitä ongelmaa, että erilliset alueet, joiden neliömassa on pieni, mutta ei nolla, kestävät hyvin vähän vetokuormitusta, mikä rajoittaa selluloosakuiturakenteen kokonaispuhkaisulujuutta. Johnson *et al.* ja Boulton eivät myöskään esitä selluloosakuiturakenteita, joiden opasiteetti on

suhteellisen suuri erillisillä neliömassaltaan pienillä alueilla.

Selluloosakuiturakenteita valmistetaan tavallisesti kerrostamalla nestemäistä kantajaa, johon on jakautettu homogeenisesti selluloosakuituja, laitteistolle, jossa on kuituja pidättävä, nestettä läpäisevä elementti. Muodostuselementti voi olla yleisesti ottaen tasomainen, ja se voi olla tyypillisesti päättymätön hihna.

Edellä mainituissa viitteissä ja muissa julkaisuissa, kuten US-patenttijulkaisuissa 3 322 617, joka on julkaistu 30. toukokuuta 1967 Osbornen nimissä, 3 025 585, joka on julkaistu 20. maaliskuuta 1962 Griswoldin nimissä, ja 3 159 530, joka on julkaistu 1. joulukuuta 1964 Hellerin *et al.* nimissä, esitetään erilaisia laitteistoja, jotka soveltuvat erillisiä neliömassaltaan pieniä alueita sisältävien selluloosakuiturakenteiden valmistukseen. Erillisiä neliömassaltaan pieniä alueita valmistetaan näissä julkaisuissa esitettyjen tietojen mukaisesti selluloosakuiturakenteen valmistukseen käytettävän laitteiston muodostuselementtiin liitettyjen ylöspäin kohoavien ulkonemien muodostaman kuvion avulla. Kaikissa edellä mainituissa viitteissä ylöspäin kohoavat ulkonemat on kuitenkin järjestetty säännölliseksi, toistuvaksi kuvioksi. Kuvio voi käsittää ulkonemia, jotka on järjestetty portaittain naapuriulkonemiin nähden, tai jotka ovat samassa rivissä naapuriulkonemien kanssa. Kukin ulkonema (olipa se rivissä tai portaittain) on yhtä suurella etäisyydellä vierekkäisestä ulkonemasta. Heller *et al.* käyttävät itse asiassa kudottua tasoviiraa ulkonemien aikaansaantiin.

Samalla etäisyydellä olevista ulkonemista koostuva järjestely edustaa yhtä tekniikan tason puutetta. Laitteistot, joissa järjestely on tällainen, saavat aikaan suurin piirtein yhtenäisiä ja yhtä suuria virtausvastuksia (ja siten selluloosakuitujen yhtenäisen suotautumisen ja kerrostumisen) kaikkialla selluloosakuiturakenteen valmis-

tukseen käytettävän muodostuselementin nestettä läpäisevässä osassa. Nestettä läpäisevälle alueelle kerrostuu suurin piirtein yhtä suuria määriä selluloosakuituja, koska rinnakkaisten ulkonemien välisissä tiloissa valitsee yhtä suuri nestekantajan suotautumista rajoittava virtausvastus. Niinpä kuidut kerrostuvat suhteellisen homogeenisesti ja yhtenäisesti, vaikkakaan eivät välttämättä sattumanvaraisesti tai yhtenäisesti suuntautuneina, laitteiston kullekin alueelle ja muodostavat selluloosakuiturakenteen, jossa kuitujen jakautuma ja suuntautuminen on samanlainen.

Yksi tekniikan tasoa vastaava ratkaisu, jonka mukaan kaikki ulkonemat eivät ole samalla etäisyydellä vierekkäisistä ulkonemista, esitetään US-patenttijulkaisussa 795 719, joka on julkaistu 25. heinäkuuta 1905 Motzin nimissä. Motz esittää kuitenkin ulkonemia, jotka on sijoitettu yleisesti ottaen sattumanvaraiseksi kuvioksi, joka ei jakauta selluloosakuituja edullisella ja tehokkaimmalla tavalla, jotta maksimoitaisiin mikä tahansa tai pääosa edellä mainituista ominaisuuksista.

Siten tämän keksinnön yhtenä päämääränä on voittaa tekniikan tasoon liittyvät ongelmat ja erityisesti ongelmat, joita tarjoavat keskenään kilpailevat etunäkökohdat, suuren vetolujuuden, hyvän imukyvyn, hyvän pehmeyden ja suuren opasiteetin ylläpito, joutumatta tarpeettomasti uhraamaan mahdollisia muita ominaisuuksia tai ilman luonnonvarojen epätaloudellista tai tarpeetonta käyttöä. Tarkemmin määriteltynä tämän keksinnön yhtenä päämääränä on tarjota käyttöön menetelmä ja laitteisto selluloosakuiturakenteen, kuten paperin, valmistamiseksi saamalla aikaan useita ja erilaisia virtausvastuksia kuitujen nestekantajan suotautumiselle laitteistossa.

Sitä kautta, että laitteistossa on alueita, joilla on suhteellisen suuri ja suhteellisen pieni virtausvastus, voidaan saavuttaa parempi selluloosakuitujen orientaation ja kerrostumiskuvion säätely ja valmistaa alalla tähän

asti tuntemattomia kuiturakenteita. Yleisesti esitettynä vallitsee käänteinen suhde nestettä läpäisevän, kuituja pidättävän muodostuselementin jonkin määrätyn alueen virtausvastuksen ja tuloksena olevan, muodostuselementin mainitunlaisia alueita vastaavan selluloosakuiturakenteen alueen neliömassan välillä. Niinpä alueet, joilla virtausvastus on suhteellisen pieni, antavat tulokseksi vastaavia selluloosakuiturakenteen alueita, joilla on suhteellisen suuri neliömassa, ja päin vastoin.

Tarkemmin määriteltynä alueiden, joilla on suhteellisen pieni virtausvastus, tulisi olla jatkuvia, niin että tuloksena on jatkuva neliömassaltaan suuri kuituverkosto eikä menetetä vetolujuutta. Alueet, joilla on suhteellisen suuri virtausvastus (ja jotka antavat tulokseksi selluloosakuiturakenteessa olevia neliömassaltaan suhteellisen pieniä alueita), voivat olla toiveiden mukaan joko erillisiä tai jatkuvia.

Muodostuselementti on tämän keksinnön mukaisesti muodostushihna, jossa on joukko alueita, jotka erottuvat toisistaan erilaisten virtausvastusten suhteen. Nestekantaja suotautuu muodostushihnan alueiden läpi niiden tarjoaman virtausvastuksen mukaisesti ja kääntäen verrannollisesti siihen. Jos muodostushihnassa on esimerkiksi läpäisemättömiä alueita, kuten ulkonemia tai kulkuesteitä, nestekantaja ei pääse suotautumaan näiden alueiden läpi ja siten tällaisille alueille kerrostuu vähän kuituja tai kuituja ei kerrostu ollenkaan.

Tämän keksinnön mukaisen muodostushihnan virtausvastus on siten ratkaisevassa asemassa sen kuvion määräämisessä, jonka mukaisesti nestekantajassa olevat selluloosakuidut kerrostuvat. Yleisesti ottaen muodostushihnan alueille, joilla on suhteellisesti pienempi virtausvastus, kerrostuu enemmän kuituja, koska tällaisten alueiden läpi pääsee suotautumaan enemmän nestekantajaa. On kuitenkin

ymmärrettävä, että muodostushihnan jonkin määrätyn alueen virtausvastus ei ole vakio ja muuttuu ajan funktiona.

Tällaista muuttumista tapahtuu, koska kerrostuessaan muodostushihnan jollekin alueelle selluloosakuidut tukkivat kyseistä aluetta ja suurentavat sen virtausvastusta. Alueella tapahtuva tukkeutuminen ja virtausvastuksen kasvaminen johtaa yleisesti ottaen sen läpi suotautuvan nestekantajamäärän ja siten tälle samalle alueelle myöhemmin kerrostuvien kuitujen määrän vähenemiseen.

Lyhyt yhteenveto keksinnöstä

Tämä keksintö koskee yksikerroksista selluloosakuiturakennetta, joka käsittää vähintään kolme aluetta sijoitettuina ei-sattumanvaraisen, toistuvan kuvion mukaisesti. Ensimmäisellä alueella on suhteellisen suuri neliömassa ja se käsittää suurin piirtein jatkuvan verkoston. Toisella alueella on suhteellisen pieni neliömassa, verrattuna ensimmäiseen muuhun alueeseen, ja se on mainitun ensimmäisen alueen ja sen vierellä ympäröimä. Keksinnön mukaiselle rakenteelle on tunnusomaista, että se käsittää kolmannen alueen, jonka neliömassa on ensimmäisen ja toisen alueen välissä ja joka mainittu kolmas alue on mainitun toisen alueen vieressä. Tarkemmin määriteltynä toinen alue voi olla suurin piirtein kolmannen alueen välittömänä naapurina, tarkemmin määriteltynä siihen rajoittuva, ja voi jopa ympäröidä kolmannen alueen. Yhdessä edullisessa suoritusmuodossa toisen alueen sisältämät useat selluloosakuidut ovat suurin piirtein säteittäisesti orientoituina.

Keksintö koskee lisäksi patenttivaatimuksen 6 johdannossa esitettyä menetelmää, jolle on tunnusomaista se mitä patenttivaatimuksen 6 tunnusmerkkiosassa on esitetty. Tämän keksinnön mukainen selluloosakuiturakenne voidaan valmistaa menetelmällä, jossa kerrostetaan nestekantajaa, johon on suspendoitu selluloosakuituja, nestettä läpäisevälle, kuituja pidättävälle muodostuselementille. Nestekantajan suotautumisessa muodostuselementin läpi

esiintyy kaksi rinnakkaista tasoa, taso, jolla virtausnopeus on suuri, ja taso, jolla virtausnopeus on pieni, jotka tasot vastaavat muodostushihnan vyöhykkeitä, joilla virtausnopeus on suuri ja vastaavasti pieni. Molemmat virtausnopeustasot laskevat ajan funktiona selluloosakuitujen aiheuttaman vyöhykkeiden tukkeutumisen vuoksi. Tasoja erottaa toisistaan alkumassavirtausnopeus vastaavien vyöhykkeiden läpi.

Keksintö koskee vielä lisäksi patenttivaatimuksen 7 johdannossa esitettyä laitteistoa, jolle on tunnusomaista se mitä patenttivaatimuksen 7 tunnusmerkkiosassa on esitetty. Tämän keksinnön mukainen selluloosakuiturakenne voidaan valmistaa laitteistolla, joka käsittää nestettä läpäisevän, kuituja pidättävän muodostuselementin. Muodostuselementissä on kaksi vyöhykettä, vyöhyke, jolla virtausnopeus on suuri, ja vyöhyke, jolla virtausnopeus on pieni. Hihnassa on myös ulkonemia, jotka ovat nestekantajan virtausta läpäisemättömiä. Ulkonemat ja kaksi vyöhykettä on järjestetty kuvioksi, joka vastaa hihnalla muodostettavan selluloosakuiturakenteen alueiden neliömassoja.

Muodostuselementissä voi olla väline selluloosakuitujen pidättämiseksi sellaisen kuvion mukaisesti, jossa on kolme erilaista neliömassaa. Väline selluloosakuitujen pidättämiseksi kuvion mukaisesti voi käsittää muodostuselementin vyöhykkeitä, joilla on erilaiset hydrauliset säteet.

Vyöhykkeiden hydrauliset säteet voidaan tehdä erilaisiksi sitä kautta, että muodostushihnassa on ylöspäin kohoavista ulkonemista koostuva kuviomuodostelma tai että kukin muodostelma on samalla etäisyydellä naapuriulkonemasta ja siinä on nestettä läpäisevä aukko tai että ulkonemat on ryhmitelty siten, että jotkut ulkonemat ovat samalla etäisyydellä naapuriulkonemista ja jotkut ulkonemat eivät ole samalla etäisyydellä naapuriulkonemista, tai edellä mainittujen keinojen yhdistelmillä.

Piirustusten lyhyt kuvaus

Vaikka tämä selitys päättyy patenttivaatimuksiin, joissa erityisesti esitetään tämä keksintö ja esitetään selkeästi sitä koskevat vaatimukset, otaksutaan, että keksintö on helpompi ymmärtää seuraavasta kuvauksesta tarkasteltaessa sitä yhdessä siihen liittyvien piirustusten kanssa, joissa samanlaisia elementtejä merkitään samalla viitenumerolla ja analogisia elementtejä heittomerkillä ja joissa

kuvio 1 on ylhäältäpäin otettu mikroskooppivalokuva tämän keksinnön mukaisesta selluloosakuiturakenteesta, jossa on kolme toisistaan erotettavissa olevaa aluetta;

kuvio 2 on sivukaaviokuva laitteistosta, jota voidaan käyttää tämän keksinnön mukaisen selluloosakuiturakenteen valmistukseen;

kuvio 3 on kuvion 2 viivaa 3-3 pitkin piirretty sivukuva osasta muodostuselementtiä;

kuvio 4 on ylhäältäpäin kuvion 4 viivaa 4-4 pitkin otettu osakuva kuvion 3 mukaisesta muodostuselementistä, jossa kunkin ulkoneman läpi kulkee aukko;

kuvio 5 on kaaviokuva yhdestä vaihtoehtoisesta muodostuselementtisuoritusmuodosta ylhäältä päin katsottuna, jossa elementissä ensimmäiset ulkonemat ovat määrätyllä ja yhtä suurella etäisyydellä toisista ulkonemista ja ensimmäiset ulkonemat ovat suuremmalla etäisyydellä kolmansista ulkonemista;

Kuvio 6 on kaaviokuva yhdestä vaihtoehtoisesta muodostushihnasuoritusmuodosta ylhäältä päin katsottuna, jossa hihnassa on ulkonemia, joiden läpi kulkee aukko ja jotka on ryhmitelty erilaisille etäisyyksille naapuriulkonemista.

Keksinnön yksityiskohtainen kuvaus

Tuote

Kuten kuviossa 1 valaistaan, tämän keksinnön mukaisessa selluloosakuiturakenteessa 20 on kolme aluetta: ensimmäiset neliömassaltaan suuret alueet 24; toiset

neliömassaltaan keskinkertaiset alueet 26; kolmannet neliömassaltaan pienet alueet 28. Kukin alue 24, 26 tai 28 koostuu kuiduista, jotka ovat approksimatiivisesti lineaarisia elementtejä.

Kuidut ovat selluloosakuiturakenteen 20 komponentteja, ja niillä on yksi hyvin suuri mitta (kuidun pituusakselin suunnassa) verrattuna kahteen muuhun suhteellisen pieneen mittaan (keskenään kohtisuorassa ja sekä säteittäisiä että kohtisuoria kuidun pituusakseliin nähden), niin että päästään lähelle lineaarisuutta. Vaikka mikroskooppitarkastelu voi paljastaa kaksi muuta mittaa, jotka ovat pieniä kuitujen päämittaan verrattuna, näiden kahden muun pienen mitan ei tarvitse olla olennaisesti yhtä suuria tai vakioita kaikkialla kuidun pituussuunnassa. Tärkeää on vain, että kuitu pystyy taipumaan akselinsa ympäri ja sitomaan muita kuituja ja on levitettävissä nestekantajan avulla.

Selluloosakuiturakenteen muodostavat kuidut voivat olla synteettisiä, kuten polyolefiinia tai polyesteriä; edullisesti ne ovat selluloosaa, kuten lyhyitä puuvillakuituja, raionia tai sokeriruokokuitua; edullisemmin puumassaa, kuten havupuuta (paljasiemeniset puulajit) tai lehtipuuta (koppisiemeniset puulajit). Tässä käytettynä kuiturakennetta 20 pidetään "selluloosarakenteena", jos kuiturakenne 20 käsittää vähintään noin 50 paino-% tai vähintään noin 50 til-% selluloosakuituja, mukaan luettuina edellä luetellut kuidut, niihin kuitenkaan rajoittumatta. Puumassakuiduista koostuvan selluloosaseoksen, joka käsittää havupuukuituja, joiden pituus on noin 2,0 - 4,5 mm ja läpimitta noin 25 - 50 µm, ja lehtipuukuituja, joiden pituus on pienempi kuin noin 1 mm ja läpimitta noin 12 - 25 µm, on havaittu toimivan hyvin tässä kuvattujen kuiturakenteiden 20 yhteydessä.

Jos kuiturakenteeseen 20 valitaan puumassakuituja, kuidut voidaan tuottaa millä tahansa massanvalmistusmenetelmällä, mukaan luettuina kemialliset menetelmät, kuten

sulfiitti-, sulfaatti- ja soodamenetelmät, ja mekaaniset menetelmät, kuten hiokemenetelmä. Kuituja voidaan vaihtoehtoisesti tuottaa kemiallisten ja mekaanisten menetelmien yhdistelmillä tai ne voivat olla keräyskuitua. Käytettävien kuitujen tyyppi, yhdistelmä ja käsittely eivät ole ratkaisevia tämän keksinnön kannalta.

Ei ole välttämätöntä, eikä edes todennäköistä, että selluloosakuiturakenteen 20 eri alueilla 24, 26 ja 28 vallitsee sama tai yhtenäinen lehti- ja havupuukuitujen jakautuma. Sen sijaan on todennäköistä, että alueilla 24, 26 tai 28, jotka on muodostettu selluloosakuiturakenteen 20 valmistukseen käytettävän laitteiston vyöhykkeellä, jossa virtausvastus on pienempi, havupuukuitujen prosentuaalinen osuus on suurempi. Lisäksi lehtipuukuidut ja havupuukuidut voivat olla kerroksittain selluloosakuiturakenteen 20 paksuussuunnassa.

Tämän keksinnön mukainen selluloosakuiturakenne 20 on makroskooppisesti kaksiulotteinen ja tasomainen, vaikkakaan ei välttämättä litteä. Selluloosakuiturakenteella 20 voi olla jokin paksuus kolmannessa suunnassa. Kolmas mitta on kuitenkin hyvin pieni verrattuna kahteen ensimmäiseen todelliseen mittaan tai kykyyn valmistaa selluloosakuiturakenne 20, jolla on suhteellisen suuret mitat kahdessa ensimmäisessä suunnassa.

Tämän keksinnön mukainen selluloosakuiturakenne 20 käsittää yhden kerroksen. On kuitenkin ymmärrettävä, että kaksi tai useampia yksittäisiä kerroksia, joista mikä tahansa tai kaikki on valmistettu tämän keksinnön mukaisesti, voidaan liittää pinnat vastakkain yhtä kappaletta olevaksi laminaatiksi. Tämän keksinnön mukaista selluloosakuiturakennetta 20 pidetään "yhtenä kerroksena", jos se poistetaan jäljempänä käsiteltävältä muodostuselementiltä yhtenä arkkina, jolla on ennen kuivausta paksuus, joka ei muutu, ellei arkkiin lisätä tai siitä poisteta kuituja. Selluloosakuiturakenne 20 voidaan haluttaessa kohokuvioida myöhemmin tai jättää kohokuvioimatta.

Tämän keksinnön mukainen selluloosakuiturakenne 20 voidaan määritellä intensiiviominaisuuksilla, jotka erottavat alueet 24, 26 ja 28 toisistaan. Esimerkiksi kuiturakenteen 20 neliömassa on yksi intensiiviominaisuus, joka erottaa alueet 24, 26 ja 28 toisistaan. Tässä käytettynä ominaisuutta pidetään "intensiiviominaisuutena", jos sillä ei ole arvojen yhdistelmästä riippuvaa arvoa selluloosakuiturakenteen 20 tasossa. Esimerkkeihin intensiiviominaisuuksista kuuluvat selluloosakuiturakenteen 20 tiheys, projisoitu kapillaarikoko, neliömassa, lämpötila, puristus- ja vetomoduuli jne. Tässä käytettynä ominaisuuksia, jotka riippuvat selluloosakuiturakenteen 20 alajärjestelmien tai komponenttien eri arvojen yhdistelmästä, pidetään "ekstensiiviominaisuuksina". Esimerkkeihin ekstensiiviominaisuuksista kuuluvat selluloosakuiturakenteen 20 paino, massa, tilavuus ja moolimäärä.

Tämän keksinnön mukaisella selluloosakuiturakenteella 20 on vähintään kolme keskenään erilaista neliömassaa, jotka ovat jakautuneina vähintään kolmen identifioitavissa olevan alueen kesken, joita kutsutaan selluloosakuiturakenteen "alueiksi". Tässä käytettynä "neliömassa" on selluloosakuiturakenteen 20 pinta-alayksikön paino mitattuna voimagrammoina, joka pinta-alayksikkö mitataan selluloosakuiturakenteen 20 tasossa. Neliömassan mittaamiseen käytettävän pinta-alayksikön koko ja muoto riippuu neliömassaltaan erilaisten alueiden 24, 26 ja 28 suhteellisesta ja absoluuttisesta koosta ja muodosta.

Ammattimies ymmärtänee, että jonkin määrätyn alueen 24, 26 tai 28 sisällä voi esiintyä tavanomaisia ja odotettavissa olevia neliömassaheilahteluja ja -vaihteluja, kun mainitunlaisella määrätyllä alueella 24, 26 tai 28 katsotaan olevan yksi neliömassa. Jos esimerkiksi mitataan mikroskooppisella tasolla kuitujen välisen huokosen neliömassa, tuloksena on näennäinen neliömassa nolla, vaikka mainitunlaisen alueen 24, 26 tai 28 neliömassa todellisuudessa on suurempi kuin nolla, ellei mittauskohtee-

na ole kuiturakenteessa 20 esiintyvä aukko. Tällaiset heilahtelut ja vaihtelut ovat valmistusprosessin normaali ja odotettu seuraus.

Ei ole välttämätöntä, että täsmälliset rajat erottavat lähekkäisiä neliömassaltaan erilaisia alueita 24, 26 tai 28 tai että näkyvissä on yleensä ollenkaan terävää rajaa neliömassaltaan erilaisten lähekkäisten alueiden 24, 26 tai 28 välillä. Tärkeää on vain se, että kuitujen jakautuminen yksikköaluetta kohden on erilainen kuiturakenteen 20 eri kohdissa ja että tällainen erilainen jakautuma esiintyy ei-sattumanvaraisen, toistuvan kuvion mukaisesti. Tällainen ei-sattumanvarainen, toistuva kuvio vastaa selluloosakuiturakenteen 20 valmistukseen käytettävän nestettä läpäisevän, kuituja pidättävän muodostuselementin topografiassa esiintyvää ei-sattumanvaraista, toistuvaa kuviota.

Alueiden 24, 26 ja 28 erilaiset neliömassat johtavat mainitunlaisten alueiden 24, 26 ja 28 erilaisiin opasiteetteihin. Vaikka opasiteetin kannalta katsottuna on toivottavaa, että neliömassa on yhtenäinen koko selluloosakuiturakenteen 20 alueella, neliömassaltaan yhtenäinen selluloosakuiturakenne 20 ei optimoi selluloosakuiturakenteen 20 muita ominaisuuksia, kuten märkäpuhkaisulujuutta. Tässä kuvattavien selluloosakuiturakenteiden 20 suhteen on kuitenkin ymmärrettävä yleisesti, että neliömassaltaan suhteellisesti suuremmilla alueilla 24 on suurempi opasiteetti kuin alueilla, joiden neliömassa on pienempi, kuten neliömassaltaan keskinkertaisilla alueilla 26 tai neliömassaltaan pienillä alueilla 28.

Ei-sattumanvarainen toistuva kuvio jakautuu edullisesti ruuduiksi, niin että lähekkäiset alueet 24, 26 ja 28 ovat yhteistoimintaan johtavalla ja edullisella tavalla rinnakkain. Sillä, että intensiteettiominaisuuksien kautta määritellyt alueet 24, 26 ja 28 ovat "ei-sattumanvaraisia", tarkoitetaan, että ne ovat ennustettavissa ja niitä voi esiintyä tuloksena valmistusprosessissa käytettävän

laitteiston tunnetuista ja ennalta määrätyistä piirteistä. Kuvion "toistaminen" johtaa kuvion muodostumiseen useammin kuin kerran kuiturakenteeseen 20.

Kuiturakenteen 20 intesiiviominaisuuksiltaan erilaiset alueet 24, 26 ja 28 voivat olla "erillisiä", niin että lähekkäiset alueet 24, 26 tai 28, joilla on sama neliömassa, eivät ole toistensa rajanaapureina. Vaihtoehtoisesti alue 24, 26 tai 28, jolla on yksi neliömassa koko kuiturakenteen 20 alueella, voi olla "suurin piirtein jatkuva", niin että tällainen alue 24, 26 tai 28 ulottuu suurin piirtein koko kuiturakenteen 20 alueelle yhdessä tai molemmissa sen päädimensioista.

On tietenkin ymmärrettävä, että jos kuiturakenne 20 on hyvin suuri valmistettuna ja alueet 24, 26 ja 28 ovat hyvin pieniä verrattuna kuiturakenteen 20 kokoon valmistuksen aikana, esimerkiksi eron ollessa muutamia kertalukuja, eri alueiden 24, 26 ja 28 tarkan jakautumisen ja niiden muodostamien kuvioiden absoluuttisen ennustettavuuden saavuttaminen voi olla hyvin vaikeaa tai jopa mahdotonta ja kuiturakennetta voidaan silti pitää vielä ei-sattumanvaraisena. Tärkeää on kuitenkin vain se, että tällaiset intesiiviominaisuuksilla määritellyt alueet 24, 26 ja 28 ovat jakautuneina siten, että noudattavat suurin piirtein toivotunlaista kuviota sellaisten toimintaominaisuuksien saavuttamiseksi, jotka tekevät kuiturakenteesta 20 soveltuvan aiottuun tarkoitukseensa.

Ammattimiehelle lienee ilmeistä, että rakenteessa voi esiintyä pieniä siirtymäalueita, joiden neliömassa on lähekkäisten alueiden 24, 26 tai 28 neliömassojen välissä ja jotka eivät sinänsä ehkä ole pinta-alaltaan kyllin merkitseviä, jotta niillä katsottaisiin olevan kummankaan lähekkäisen alueen 24, 26 tai 28 meliömassasta eroava neliömassa. Tällaiset siirtymäalueet kuuluvat normaalien valmistukseen liittyvien vaihteluiden piiriin, jotka ovat

tunnettuja ja luontaisia tämän keksinnön mukaisen kuiturakenteen 20 valmistuksen yhteydessä.

Kuiturakenteen 20 kuvion koko voi vaihdella suunnilleen alueella 1,5 - 390 erillistä aluetta 26 neliösenttimetriä kohden (noin 10 - 2 500 erillistä aluetta 26 neliötuumaa kohden), edullisesti noin 11,6 - 155 erillistä aluetta 26 neliösenttimetriä kohden (75 - 1 000 erillistä aluetta 26 neliötuumaa kohden) ja edullisemmin noin 23,3 - 85,3 erillistä aluetta 26 neliösenttimetriä kohden (150 - 550 erillistä aluetta 26 neliötuumaa kohden).

Ammattimies ymmärtänee, että kuvion muuttuessa hienojakoisemmaksi (usempia erillisiä alueita 24, 26 tai 28 neliösenttimetriä kohden) tulisi käyttää suurempaa prosenttiosuutta pienikokoisempia lehtipuukuituja ja suurempien havupuukuitujen prosenttiosuutta voidaan vastaavasti pienentää. Jos käytetään liian paljon suurikokoisia kuituja, tällaiset kuidut eivät ehkä pysty mukautumaan jäljempänä kuvattavan, kuiturakenteen 20 valmistukseen käytettävän laitteen topografiaan. Elleivät kuidut mukaudu asianmukaisesti, kuidut saattavat muodostaa siltoja laitteen eri topografisten alueiden välille, mikä johtaa kuviota noudattamattomaan kuiturakenteeseen 20. Seoksen, joka käsittää noin 60 % pohjoista havupuukraftkuitua ja noin 40 % lehtipuukraftkuitua, on havaittu toimivan hyvin kuiturakenteessa 20, jossa on noin 31 erillistä aluetta neliösenttimetriä kohden (200 erillistä aluetta 26 neliötuumaa kohden).

Jos kuviossa 1 valaistua kuiturakennetta 20 on määrä käyttää kulutustuotteena, kuten paperipyyhkeenä tai pehmopaperina, kuiturakenteen 20 neliömassaltaan suuri alue 24 on edullisesti suurin piirtein jatkuva kahteen kohtisuoraan suuntaan kuiturakenteen 20 tasossa. Ei ole välttämätöntä, että nämä kohtisuorat suunnat ovat valmiin tuotteen reunojen suuntainen ja niihin nähden kohtisuora tai tuotteen valmistussuunnan kanssa yhdensuuntainen ja

siihen nähden kohtisuora vaan että tuotteelle annetaan vetolujuutta kahteen keskenään kohtisuoraan suuntaan, niin että tuotteeseen mahdollisesti suuntautuva vetojännitys on paremmin kestettävissä tuotteen rikkoutumatta ennenaikaisesti tällaisen vetokuormituksen vuoksi. Jatkuvuussuunta on edullisesti yhdensuuntainen tämän keksinnön mukaisen valmiin tuotteen odotetun vetokuormitussuunnan kanssa.

Tämän keksinnön mukainen selluloosakuiturakenne 20 käsittää kolme aluetta, ensimmäisiä neliömassaltaan suuria alueita 24, toisia neliömassaltaan keskinkertaisia alueita 26 ja kolmansia neliömassaltaan pieniä alueita 28, kuten edellä mainittiin. Alueet 24, 26 ja 28 on sijoitettu eisattumanvaraisen, toistuvan kuvion mukaisesti, jota kuvataan tarkemmin seuraavassa.

Yksi esimerkki suurin piirtein jatkuvasta verkostosta on kuvion 1 mukaisen selluloosakuiturakenteen 20 neliömassaltaan suuri alue 24. Muita esimerkkejä selluloosakuiturakenteista, joissa on suurin piirtein jatkuvia verkostoja, esitetään US-patenttijulkaisussa 4 637 859, joka on julkaistu 20. tammikuuta 1987 Trokhanin nimissä ja mainitaan tässä viitteenä yhden toisen sellaisen selluloosakuiturakenteen esittelemiseksi, jossa on suurin piirtein jatkuva verkosto. Katkokset suurin piirtein jatkuvassa verkostossa ovat siedettävissä, vaikkakaan eivät edullisia, kunhan tällaiset katkokset eivät vaikuta olennaisen haitallisesti selluloosakuiturakenteen 20 tällaisen osan materiaaliominaisuuksiin.

Neliömassaltaan pienet ja keskinkertaiset alueet 26 ja 28 voivat sen sijaan olla erillisiä ja jakautuneina kaikkialle neliömassaltaan suureen, suurin piirtein jatkuvaan verkostoon 24. Neliömassaltaan pieniä ja keskinkertaisia alueita 26 voidaan pitää saarekkeina, joita ympäröi suurin piirtein jatkuvan verkoston muodostava neliömassaltaan suuri alue 24. Erilliset neliömassaltaan pienet alueet 22 ja erilliset neliömassaltaan keskinkertaiset

alueet 26 muodostavat myös ei-sattumanvaraisen, toistuvan kuvion.

Erilliset neliömassaltaan pienet alueet 28 ja erilliset neliömassaltaan keskinkertaiset alueet 26 voivat olla portaittain tai suorissa riveissä jommassa kummassa tai molemmissa edellä mainituista keskenään kohtisuorista suunnista. Neliömassaltaan korkea suurin piirtein jatkuva verkosto 24 muodostaa edullisesti kuviollisen verkoston, joka ympäröi erillisiä neliömassaltaan pieniä alueita 28, vaikka rakenteessa voi olla pieniä siirtymäalueita, kuten edellä mainittiin.

Neliömassaltaan suuret alueet 24 ovat neliömassaltaan pienten ja keskinkertaisten alueiden 26 ja 28 lähellä, vieressä ja ympärillä. Neliömassaltaan keskinkertaiset alueet 26 ovat neliömassaltaan pienten alueiden 28 vieressä. Neliömassaltaan pienet 28 alueet voivat rajoittaa reunastaan neliömassaltaan keskinkertaista aluetta 26 sitä kuitenkaan kokonaan ympäröimättä, tai neliömassaltaan pienet alueet 28 voivat ympäröidä neliömassaltaan keskinkertaisia alueita 26. Niinpä neliömassaltaan keskinkertaiset alueet 26 ovat yleisesti ottaen pienempiä läpimitaltaan, vaikkakaan eivät pinta-alaltaan, kuin niitä ympäröivät neliömassaltaan pienet alueet 28.

Neliömassaltaan pienet 28 alueet voivat lisäksi olla neliömassaltaan keskinkertaisten alueiden 26 viereisiä ja jopa niitä ympäröiviä alueita. Neliömassaltaan pienten ja keskinkertaisten alueiden 26 sijoittaminen neliömassaltaan suurten alueiden 24 sisälle riippuu siitä, miten virtausnopeustasoltaan suuret ja pienet vyöhykkeet, joilla on erilainen virtausvastus, sijoitetaan muodostushihnaan 42.

Kyseisten kolmen alueen 24, 26 ja 28 kuidut voivat edullisesti olla eri tavalla suuntautuneina. Kuidut, jotka muodostavat suurin piirtein jatkuvan neliömassaltaan suuren alueen 24, voivat esimerkiksi olla ensisijaisesti

suuntautuneina yleisesti ottaen yhteen suuntaan, joka vastaa lähekkäisten ulkonemien 59 välisten renkaiden 65 muodostamaa suurin piirtein jatkuvaa verkostoa ja valmistusprosessin konesuunnan vaikutusta.

Tämä suuntautuminen saa aikaan, että kuidut ovat keskenään yleisesti ottaen yhdensuuntaisia ja niillä on suhteellisen korkea sitoutumisaste. Suhteellisen korkea sitoutumisaste saa aikaan suhteellisen suuren vetolujuuden neliömassaltaan suurella alueella 24. Tällainen neliömassaltaan suhteellisen suurella alueella 24 vallitseva suuri vetolujuus on yleisesti ottaen edullista, koska neliömassaltaan suuri alue 24 kantaa selluloosakuiturakenteeseen 20 kohdistuneen vetokuormituksen ja välittää sen kaikkialle rakenteeseen.

Neliömassaltaan suhteellisen pieni alue 28 käsittää kuituja, joista useat ovat yleisesti ottaen säteittäisesti suuntautuneita ja kohdistuvat ulospäin neliömassaltaan pienen alueen 28 keskipisteestä. Jos neliömassaltaan pieni alue 28 ympäröi neliömassaltaan keskinkertaista aluetta 26, neliömassaltaan pienen alueen kuidut ovat säteittäisesti ulospäin suuntautuneina myös neliömassaltaan keskinkertaisen alueen 26 keskipisteeseen nähden. Kuten kuviossa 1 valaistaan, neliömassaltaan pieni alue 28 ja neliömassaltaan keskinkertainen alue 26 voivat lisäksi olla ja ovat edullisesti keskenään samankeskisiä.

Laitteisto

Tämän keksinnön mukaisen kuiturakenteen 20 valmistamiseen käytettävän laitteiston monet komponentit ovat paperinvalmistusalalla hyvin tunnettuja. Kuten kuviossa 2 valaistaan, laitteisto voi käsittää välineen 44 kuitulietteen ja sen mukana kulkevien selluloosakuitujen kerrostamiseksi nestettä läpäisevälle, kuituja pidättävälle muodostuselementille.

Nestettä läpäisevä, kuituja pidättävä muodostuselementti voi olla muodostushihna 42, ja se on laitteiston

ydinosa ja edustaa yhtä laitteiston tekniikan tasosta poikkeavaa komponenttia tässä kuvattujen ja patenttivaatimuksissa määriteltyjen selluloosakuiturakenteiden 20 valmistamiseksi. Nestettä läpäisevässä, kuituja pidättävässä muodostuselementissä on tarkemmin määriteltynä ulkonemia 59, jotka muodostavat kuiturakenteen 20 neliömassaltaan pienet ja keskinkertaiset alueet 26, ja välissä olevia renkaita 65, jotka muodostavat selluloosakuiturakenteen 20 neliömassaltaan suuret alueet 24.

Laitteisto voi käsittää lisäksi toisen hihnan 46, jolle kuiturakenne 20 siirretään, kun pääosa nestekantajasta on suotautettu pois ja selluloosakuidut pidätetty muodostushihnalle 42. Toinen hihna 46 voi käsittää lisäksi nystyistä tai ulokkeista koostuvan kuvion, joka ei osu yhteen selluloosakuiturakenteen 20 alueiden 24, 26 ja 28 kanssa. Muodostushihna 42 ja toinen hihna 46 kulkevat nuolilla A ja vastaavasti B merkittyyn suuntaan.

Kun nestekantaja ja sen mukana kulkevat selluloosakuidut on kerrostettu muodostushihnalle 42, kuiturakenne 20 kuivataan jommalla kummalla tai kummallakin tunnetuista kuivausvälineistä 50a ja 50b, kuten puhalluskuivaimella 50a ja/tai jenkkisylinterillä 50b. Laitteisto voi käsittää myös välineen, kuten kaapimen 68, kuiturakenteen 20 lyhentämiseksi eli kreppaamiseksi.

Jos selluloosakuiturakenteen 20 valmistukseen käytettävän laitteiston muodostuselementiksi valitaan muodostushihna 42, muodostushihnalla 42 on kaksi vastakkaista pintaa, ensimmäinen pinta 53 ja toinen pinta 55, kuten valaistaan kuviossa 3. Ensimmäinen pinta 53 on muodostushihnan 42 se pinta, joka on kosketuksessa muodostettavan selluloosarakenteen 20 kuitujen kanssa. Ensimmäinen pinta 53 on nimetty alalla muodostushihnan 42 paperin kanssa kosketuksessa olevaksi puoleksi. Ensimmäisellä pinnalla 53 on kaksi topografisesti keskenään erilaista aluetta 53a ja 53b. Alueita 53a ja 53b erottaa toisistaan kohtisuora

etäisyys muodostushihnan 42 toisesta ja vastakkaisesta pinnasta 55. Tällaisen kohtisuoran etäisyyden katsotaan olevan suunnassa Z. Tässä käytettynä "suunta Z" tarkoittaa suuntaa, joka johtaa poispäin muodostushihnasta 42 ja on yleisesti kohtisuorassa siihen nähden, kun muodostushihnaa 42 pidetään tasomaisena, kaksiulotteisena rakenteena.

Muodostushihnan 42 tulisi kestää kaikkia tunnettuja jännityksiä ja toimintaolosuhteita, joissa kaksiulotteisia selluloosarakenteita käsitellään ja valmistetaan. Yksi erityisen edullinen muodostushihna 42 voidaan valmistaa US-patenttijulkaisusun 4 514 345 mukaisesti, joka on julkaistu 30. huhtikuuta 1985 Johnsonin *et al.* nimissä, ja erityisesti Johnsonin *et al.* patenttijulkaisun kuvion 5 mukaisesti, joka julkaisu mainitaan tässä viitteenä yhden tämän keksinnön yhteydessä käytettäväksi erityisen hyvin sopivan muodostuselementin ja mainitunlaisen muodostuselementin valmistusmenetelmän esittämiseksi.

Muodostushihna 42 on nestettä läpäisevä ainakin yhdessä suunnassa, erityisesti suunnassa, joka johtaa hihnan ensimmäiseltä pinnalta 53 muodostushihnan 42 läpi muodostushihnan 42 toiselle pinnalle 55. Tässä käytettynä "nestettä läpäisevä" tarkoittaa tilaa, jossa kuitulietteen nestekantaja voidaan johtaa muodostushihnan 42 läpi ilman merkitsevää estettä. Voi tietenkin olla hyödyllistä tai jopa välttämätöntä käyttää pientä paine-eroa auttamassa nesteen kulkua muodostushihnan 42 läpi sen takaamiseksi, että muodostushihnan läpäisevyysaste on sopiva.

Ei kuitenkaan ole välttämätöntä eikä edes toivottavaa, että muodostushihnan 42 koko pinta on nestettä läpäisevä. Välttämätöntä on vain se, että kuitulietteen nestekantaja on helposti poistettavissa lietteestä, jolloin muodostushihnan 42 ensimmäiselle pinnalle 53 jää kerrostetuista kuiduista koostuva alkeiskuiturakenne 20.

Muodostushihna 42 on myös kuituja pidättävä. Tässä käytettynä komponenttia pidetään "kuituja pidättävänä",

jos mainitunlainen komponentti pidättää pääosan sille kerrostetuista kuiduista siten, että kuitujen muodostama kuvio tai niiden geometria on makroskooppisesti ennalta määrätyn kaltainen, kun jätetään huomiotta jonkin määrätyn kuidun orientaatio tai asema. Ei tietenkään odoteta, että kuituja pidättävä komponentti pidättää sille kerrostetut kuidut 100-%:isesti (erityisesti kuitujen nestekantajan suotautuessa pois mainitunlaiselta komponentilta) tai että tällainen pidättäminen olisi pysyvää. Välttämätöntä on vain se, että kuidut pysyvät muodostushihnalla 42 tai muulla kuituja pidättävällä komponentilla riittävän pitkään prosessin vaiheiden saattamiseksi loppuun tyydyttävästi.

Voidaan ajatella, että muodostushihnassa 42 on lujittava rakenne 57 ja jotakin kuviota noudattava muodostelma ulkonemia 59, jotka liittyvät pinnastaan lujittavan rakenteen 57 pintaan, niin että määritetyksi tulee kaksi keskenään vastakkaista pintaa 53 ja 55. Lujittava rakenne 57 voi käsittää huokoisen elementin, kuten kudotun viiran tai muun rei'itetyn runkorakenteen. Lujittava rakenne 57 on nestettä olennaisesti läpäisevä. Yksi sopiva huokoinen lujittava rakenne 57 on viira, jonka mesh-luku on noin 6 - 50 filamenttia senttimetriä kohden (15,2 - 127 filamenttia tuumaa kohden) ylhäältäpäin katsottuna, vaikka on ymmärrettävä, että loimifilamentit ovat usein päällekkäin, jolloin edellä määritelty filamenttiluku kaksinkertaistuu. Filamenttien väliset aukot voivat olla valaistulla tavalla yleisesti ottaen nelikulmaisia, tai niillä voi olla mikä tahansa haluttu poikkileikkaus. Filamentit voivat muodostua polymeerisäikeistä tai kudotuista tai kutomattomista kankaista. Erityisesti lujittavan rakenteen 57, jonka kaksois-mesh-luku on 52, on havaittu toimivan hyvin.

Lujittavan rakenteen 57 yksi pinta 55 voi olla makroskooppisesti suurin piirtein yksitasoinen, ja se muodostaa muodostushihnan 42 ulospäin suuntautuvan pinnan 53.

Muodostushihnan 42 sisäänpäin suuntautuvaa pintaa kutsutaan usein muodostushihnan 42 taustapuoleksi, ja se on, kuten edellä mainittiin, kosketuksessa ainakin osan kanssa paperinvalmistuksessa käytettävän laitteiston muista osista. Lujittavan rakenteen 57 vastakkaista ja ulospäin suuntautuvaa pintaa 53 voidaan kutsua muodostushihnan 42 kuitujen kanssa kosketuksessa olevaksi puoleksi, koska edellä käsitelty kuituliete kerrostetaan muodostushihnan 42 tälle pinnalle 53.

Lujittavaan rakenteeseen 57 liitetään ulkonemista 59 koostuva kuviomuodostelma, ja se käsittää edullisesti yksittäisiä ulkonemia 59, jotka liittyvät kuviossa 3 valaistulla tavalla lujittavan rakenteen 57 ulospäin suuntautuvan pintaa ja suuntautuvat siitä ulospäin. Myös ulkonemia 59 pidetään kuitujen kanssa kosketuksessa olevina, koska ulkonemista 59 koostuva kuviomuodostelma ottaa vastaan kuitulietteen, kun tämä kerrostetaan muodostushihnalle 42, ja voi itse asiassa tulla lietteen peittämäksi.

Ulkonemat 59 voidaan liittää lujittavaan rakenteeseen 57 millä tahansa tunnetulla tavalla; erityisen edullinen tapa on useiden ulkonemien 59 liittäminen lujittavaan rakenteeseen 57 panosprosessina, jossa käytetään kovetettavissa olevaa valonherkkää hartsia, sen sijaan että ulkonemien 59 muodostaman kuvion mukaisen muodostelman kukin ulkonema 59 liitettäisiin yksitellen lujittavaan rakenteeseen. Ulkonemista 59 koostuva kuviomuodostelma muodostetaan edullisesti käsittelemällä yleisesti ottaen nestemäistä materiaalimassaa siten, että jähmetyttyään materiaali rajoittuu ulkonemiin 59 ja muodostaa osan niistä ja ympäröi ainakin osittain lujittavaa rakennetta 57 ja on kosketuksessa sen kanssa kuviossa 3 valaistulla tavalla.

Kuten kuviossa 4 valaistaan, ulkonemista 59 koostuva kuviomuodostelma tulisi järjestää sillä tavalla, että lukuisia kanavia, joihin kuitulietteen kuidut voivat kään-

tyä, ulottuu suunnassa Z ulkonemien 59 vapaista päistä 53b lujittavan rakenteen 57 ulospäin suuntautuvan pinnan 53 lähempään korkeusasemaan 53a. Tämä järjestely johtaa muodostushihnan 42 määrättyyn topografiaan ja mahdollistaa nestekantajan ja siinä olevien kuitujen virtaamisen lujittavalle rakenteelle 57. Lähekkäisten ulkonemien 59 välisillä kanavilla on määrätty virtausvastus, joka riippuu ulkonemien 59 muodostamasta kuviosta ja niiden koosta ja etäisyydestä.

Ulkonemat 59 ovat erillisiä ja edullisesti säännöllisellä etäisyydellä toisistaan, niin ettei kuiturakenteen 20 suurin piirtein jatkuvaan verkostoon 24 muodostu suuria heikkoja kohtia. Nestekantaja pääsee suotautumaan lähekkäisten ulkonemien 59 välisten renkaiden 65 kautta lujittavalle rakenteelle ja kerrostamaan kuidut sille. Ulkonemat 59 on edullisemmin jakautettu ei-sattumanvaraisen, toistuvan kuvion mukaisesti, niin että kuiturakenteen 20 suurin piirtein jatkuva verkosto 24 (joka muodostuu ulkonemien 59 ympärille ja väliin) jakauttaa tasaisemmin vetokuormituksen kaikkialle kuiturakenteeseen 20. Ulkonemat 59 ovat edullisimmin järjestettyinä kaksipuolisesti portaittain sellaiseksi muodostelmaksi, että tuloksena olevassa kuiturakenteessa olevat lähekkäiset neliömassaltaan pienet alueet 28 eivät ole samassa linjassa kummankaan pääsuunnan kanssa, jossa vetokuormitukset saattavat vaikuttaa.

Viitaten uudelleen kuvioon 3, ulkonemat 59 suuntautuvat ylöspäin ja ne liitetään lähemmistä päistään 53a lujittavan rakenteen 57 ulospäin suuntautuvaan pintaan 53 ja ne ulottuvat poispäin tästä pinnasta 53 kauempaan eli vapaaseen päähän 53b asti, joka määrää ulkonemista 59 koostuvan kuviomuodostelman suurimman kohtisuoran etäisyyden lujittavan rakenteen 57 ulospäin suuntautuvasta pinnasta 53. Niinpä muodostushihnan 42 ulospäin suuntautuva pinta on määritelty kahden korkeusaseman suhteen. Ulospäin

suuntautuvan pinnan lähemmän korkeusaseman määrää lujittavan rakenteen 57 pinta, johon ulkonemien 59 lähemmät päät 53a liitetään, ottaen luonnollisesti huomioon lujittavaa rakennetta 57 jähmettymisen jälkeen mahdollisesti ympäröivä ulkonemien 59 materiaali. Ulospäin suuntautuvan pinnan 53 kauemman korkeusaseman määräävät ulkonemista 59 koostuvan kuviomuodostelman vapaat päät 53b. Muodostushihnan 42 vastakkaisen ja sisäänpäin suuntautuvan pinnan 55 määrää lujittavan rakenteen 57 toinen pinta, ottaen luonnollisesti huomioon lujittavaa rakennetta 57 jähmettymisen jälkeen mahdollisesti ympäröivä ulkonemien 59 materiaali, joka pinta on vastakkaisella puolella ulkonemien 59 kohoamissuuntaan nähden.

Ulkonemien 59 ulottuvuus kohtisuorasti muodostushihnan 42 tasoon nähden ulospäin lujittavan rakenteen 57 ulospäin suuntautuvan pinnan 53 lähemmästä korkeusasemasta voi olla noin 0 mm - noin 1,3 mm (0 - 0,050 tuumaa). Jos ulkonemien 59 ulottuvuus suunnassa Z on nolla, tuloksena on ilmeisestikin selluloosakuiturakenne 20, jonka neliömassa on lähempänä vakiota. Jos halutaan minimoida neliömassojen ero selluloosakuiturakenteen 20 lähekkäisten neliömassaltaan suurten alueiden 24 ja neliömassaltaan pienten alueiden 28 välillä, tulisi siksi käyttää yleisesti ottaen lyhyempiä ulkonemia 59.

Kuten kuviossa 4 valaistaan, ulkonemissa 59 ei edullisesti ole teräviä nurkkia, erityisesti XY-tasossa, niin että vältetään jännityskeskittymät 24 tuloksena olevilla kuvion 1 mukaisen selluloosakuiturakenteen 20 neliömassaltaan suurilla alueilla. Yksi erityisen edullinen ulkonema 59 on muodoltaan kaartuvasti romboedrinen ja sillä on nurkistaan pyöristettyä vinoneliötä muistuttava poikkileikkaus.

Riippumatta ulkonemien 59 poikkipinta-alasta ulkonemien 59 sivut voivat olla keskenään yleisesti ottaen yhdensuuntaiset ja kohtisuorassa muodostushihnan 42 tasoon

nähden. Ulkonemien 59 sivut voivat vaihtoehtoisesti olla jonkin verran kallistettuja, jolloin tuloksena on katkaistun kartion muoto, kuten valaistaan kuviossa 3.

Ei ole välttämätöntä, että ulkonemien 59 korkeus on yhtenäinen tai että ulkonemien 59 vapaat päät 53b ovat samalla etäisyydellä lujittavan rakenteen 57 ulospäin suuntautuvan pinnan 53 lähemmästä korkeusasemasta 53a. Jos kuiturakenteeseen 20 halutaan sisällyttää valaistuja monimutkaisempia kuviota, ammattimies ymmärtänee, että tämä voidaan toteuttaa topografialla, jota määräävät muutamat ylöspäin suuntautuvien ulkonemien 59 tasot suunnassa Z; kukin taso antaa tulokseksi erilaisen neliömassan, kuin mitä esiintyy tasoltaan toisenlaisten ulkonemien 59 määrittelemillä kuiturakenteen 20 alueilla. Tämä voidaan vaihtoehtoisesti saada aikaan muodostushihnalla 42, jonka ulospäin suuntautuvan pinnan 53 määrittelee useampi kuin kaksi korkeusasemaa, käyttämällä jotakin muuta keinoa, esimerkiksi liittämällä kooltaan yhtenäisiä ulkonemia 59 lujittavaan rakenteeseen 57, jonka taso vaihtelee merkittävästi suhteessa ulkonemien 59 ulottuvuuteen suunnassa Z.

Kuten kuviossa 4 valaistaan, ulkonemista 59 koostuvan kuviomuodostelman pinta-ala, laskettuna prosenttiosuutena muodostushihnan 42 projisoitusta pinta-alasta, voi edullisesti vaihdella minimiarvosta noin 20 % muodostushihnan 42 projisoidusta kokonaispinta-alasta maksimiarvoon noin 80 % muodostushihnan 42 projisoidusta kokonaispinta-alasta, jolloin lujittava rakenne 57 muodostaa loppuosan muodostushihnan 42 projisoidusta pinta-alasta. Ulkonemista 59 koostuvan kuviomuodostelman osuus muodostushihnan 42 projisoidusta kokonaispinta-alasta saadaan yhdistämällä kunkin ulkoneman 59 projisoitu pinta-ala, joka on ulkoneman suurin kohtisuorasti mitattu projektio lujittavan rakenteen 57 ulospäin suuntautuvalla pinnalla 53.

On ymmärrettävä, että kun ulkonemien 59 osuus muodostushihnan 42 projisoidusta kokonaispinta-alasta piene-

nee, edellä kuvattu kuiturakenteen 20 neliömassaltaan suuri, suurin piirtein jatkuva verkosto 24 kasvaa, jolloin raaka-aineiden taloudellinen käyttö heikkenee. Lisäksi rinnakkaisten ulkonemien 59 väliin jäävän muodostushihnan 42 lähemmän korkeusaseman 53a projisoitua pinta-alaa tulisi suurentaa, kun kuitujen pituus kasvaa, sillä muuten kuidut eivät ehkä peitä ulkonemia 59 eivätkä tunkeudu rinnakkaisten ulkonemien 59 välisten kanavien kautta lujittavalle rakenteelle 57, jonka määrittelee lähemmän korkeusaseman 53a projisoitu pinta-ala.

Muodostushihnan 42 toisella pinnalla 55 voi olla määritelty ja havaittavissa oleva topografia, tai se voi olla makroskooppisesti suurin piirtein tasomainen. Tässä käytettynä "makroskooppisesti suurin piirtein tasomainen" tarkoittaa muodostushihnan 42 sellaista geometriaa, että asetettaessa hihna kaksiulotteisesti siinä on vain pieniä ja siedettävissä olevia poikkeamia absoluuttisesta tasomaisuudesta, jotka poikkeamat eivät vaikuta haitallisesti muodostushihnan toimintakykyyn valmistettaessa edellä kuvattuja ja jäljempänä patenttivaatimuksissa määriteltäviä selluloosakuiturakenteita 20. Toisen pinnan 55 kumpikin geometria, topografinen tai makroskooppisesti suurin piirtein tasomainen, on hyväksyttävä, kunhan muodostushihnan 42 ensimmäisen pinnan 53 topografiaa eivät katkaise suuruusluokaltaan suuremmat poikkeamat ja muodostushihnaa 42 voidaan käyttää tässä kuvattujen prosessivaiheiden yhteydessä. Muodostushihnan 42 toinen pinta 55 voi olla kosketuksessa laitteiston kanssa, jota käytetään kuiturakenteen 20 valmistusprosessissa, ja se on nimetty alalla muodostushihnan 42 konepuoleksi.

Ulkonemat 59 määrittelevät renkaita 65, joilla on monia ja keskenään erilaisia virtausvastuksia muodostushihnan nestettä läpäisevässä osassa 42. Yhtä tapaa, jolla erilaisia alueita voidaan saada aikaan, valaistaan kuviossa 4. Kuvion 4 mukaisen muodostushihnan kukin ulkonema 59

on suurin piirtein samalla etäisyydellä vieressä olevasta ulkonemasta 59, jolloin muodostuu suurin piirtein jatkuvan verkoston muodostava rengas 65 rinnakkaisten ulkonemien 59 väliin.

Useiden ulkonemien 59 tai kunkin ulkoneman 59 läpi kulkee suunnassa Z aukko 63, joka saa aikaan nesteyhteyden ulkoneman 59 vapaan pään 53b ja lujittavan rakenteen 57 ulospäin suuntautuvan pinnan 53 lähemmän korkeusaseman 53a välille.

Ulkoneman 59 läpi kulkevan aukon 63 virtausvastus on erilainen, ja tyypillisesti suurempi, kuin rinnakkaisten ulkonemien 59 välisssä olevan renkaan 65 virtausvastus. Siksi rinnakkaisten ulkonemien 59 välisten renkaiden 65 kautta suotautuu tyypillisesti enemmän nestekantajaa kuin kuin jossakin määrätyssä ulkonemassa 59 olevan ja sen vapaan pään 53b ympäröimän aukon kautta. Koska aukon 63 kautta suorautuu vähemmän nestekantajaa kuin rinnakkaisten ulkonemien 59 välisen renkaan kautta, rinnakkaisten ulkonemien 59 välisen renkaan 65 alapuolella olevalle lujittavalle rakenteelle 59 kerrostuu suhteellisesti enemmän kuituja kuin aukkojen 63 alapuolella olevalle lujittavalle rakenteelle 57.

Renkaat 65 ja aukot 63 määrittelevät suuren virtausnopeuden ja vastaavasti pienen virtausnopeuden vyöhykkeitä muodostushihnaan 42. Koska virtausnopeus renkaiden 65 kautta on suurempi kuin virtausnopeus aukkojen 63 kautta (aukkojen 63 suuremman virtausvastuksen vuoksi), nestekantajan alkumassavirtausnopeus renkaiden 65 kautta on suurempi kuin alkumassavirtausnopeus aukkojen 63 kautta.

Ymmärrettäneen, että ulkonemien 59 kautta ei virtaa ollenkaan nestekantajaa, koska ulkonemat 59 ovat nestekantajaa läpäisemättömiä. Ulkonemien 59 kauempien päiden 53b korkeusasemasta ja selluloosakuitujen pituudesta riippuen voi selluloosakuituja kuitenkin kerrostua ulkonemien 59 kauemmille päille 53b.

Tässä käytettynä "alkumassavirtausnopeus" tarkoittaa nestekantaja virtausnopeutta kun se alussa syötetään ja kerrostetaan muodostushihnalle 42. Ymmärrettäneen, että massavirtausnopeus tietenkin alenee kummallakin virtausnopeusvyöhykkeellä ajan funktiona, kun vyöhykkeitä määrittelevät aukot 63 tai renkaat 65 täyttyvät nestekantajaan suspendoituneilla ja muodostushihnalle 42 pidättyvillä selluloosakuiduilla. Virtausvastusero aukkojen 63 ja renkaiden 65 välillä tarjoaa keinon selluloosakuitujen pidättämiseksi erilaisiin neliömassoihin johtavalla tavalla kuvion mukaisesti muodostushihnaan 42 eri vyöhykkeille.

Tätä eroa virtausnopeudessa vyöhykkeiden läpi kutsutaan "tasoittaiseksi suotautumiseksi" sen osoittamiseksi, että on olemassa portaittainen epäjatkuvuus nestekantajan alkuvirtausnopeuksissa suuren ja pienen virtausnopeuden vyöhykkeiden välillä. Kuten edellä kuvattiin, tasoittaista suotautumista voidaan edullisesti käyttää erilaisten kuitumäärien kerrostamiseen selluloosakuiturakenteessa 20 havaittavan ruutukuvion mukaisesti.

Tarkemmin määriteltynä neliömassaltaan suuria alueita 24 esiintyy ei-sattumanvaraisena toistuvana kuviona, joka suurin piirtein vastaa muodostushihnan 42 suuren virtausnopeuden vyöhykkeitä (renkaita 65) ja selluloosakuiturakenteen 20 valmistukseen käytettävän menetelmän korkeaa virtausnopeustasoa. Neliömassaltaan keskinkertaisia alueita 26 esiintyy ei-sattumanvaraisena toistuvana kuviona, joka suurin piirtein vastaa muodostushihnan 42 pienen virtausnopeuden vyöhykkeitä (aukkoja 63) ja selluloosakuiturakenteen 20 valmistukseen käytettävän menetelmän alhaista virtausnopeustasoa. Neliömassaltaan pieniä alueita 28 esiintyy ei-sattumanvaraisena toistuvana kuviona, joka suurin piirtein vastaa muodostushihnan 42 ulkonemia 59 eikä vastaa selluloosakuiturakenteen 20 valmistukseen käytettävän menetelmän korkeaa eikä alhaista virtausnopeustasoa.

Koko muodostushihnan 42 virtausvastus voidaan helposti mitata ammattimiehen hyvin tuntemin menetelmin. Suuren ja pienen virtausnopeuden vyöhykkeiden virtausvastuksen ja niiden välisen virtausvastuseron mittaaminen on kuitenkin vaikeampaa suuren ja pienen virtausnopeuden vyöhykkeiden pienen koon vuoksi. Virtausvastus voidaan kuitenkin päätellä tarkasteltavan vyöhykkeen hydraulisesta säteestä. Virtausvastus on yleisesti ottaen kääntäen verrannollinen hydrauliseen säteeseen.

Vyöhykkeen hydraulinen säde on määritelmän mukaaan vyöhykkeen pinta-ala jaettuna vyöhykkeen märällä piirillä. Nimittäjä sisältää usein vakion, kuten vakion 4. Koska tähän tarkoitukseen on tärkeää tutkia vain vyöhykkeiden hydraulisten säteiden välisiä eroja, vakio voidaan joko sisällyttää yhtälöön tai jättää pois sen mukaan, miten halutaan. Tämä voidaan ilmaista algebrallisesti seuraavasti:

$$\text{Hydraulinen säde} = \frac{\text{Virtauspinta-ala}}{k \cdot (\text{märkä kehä})},$$

jossa virtauspinta-ala on ulkoneman 59 aukon pinta-ala tai yksikkösolujen, ts. rinnakkaisten ulkonemien 59 muodostaman pienimmän toistuvan rengaskuvion, väliin jäävä virtauspinta-ala, kuten määritellään tarkemmin jäljempänä, ja märkä kehä on nestekantajan kanssa kosketuksessa olevan vyöhykkeen kehän lineaarinen mitta. Virtauspinta-alan yhteydessä ei oteta huomioon ulkonemien 59 alla olevan lujittavan rakenteen asettamia mahdollisia rajoituksia. Muutamien yleisten muotojen hydrauliset säteet ovat tunnettuja, ja niitä on löydettävissä monista viitteistä, kuten Mark's Standard Handbook for Machanical Engineers, 8. p., joka mainitaan tässä viitteenä muutamien yleisten muotojen

hydraulisen säteen ja epäsäännöllisten muotojen hydraulisen säteen selvillesaantitavan esittämiseksi.

Kuvion 4 valaisemien muodostushihnojen kaksi kiinnostuksen kohteena olevaa vyöhykettä määritellään seuraavasti. Suuren virtausnopeuden vyöhykkeet käsittävät ulkonemaa 59 ympäröivän rengasmaisen kehän. Rengasmaisen kehän ulottuvuus XY-suunnassa on määrätyn ulkoneman 59 kohdalla puolet ulkoneman 59 ja viereisen ulkoneman 59 välisestä säteen suuntaisesta etäisyydestä. Siten rinnakkaisten ulkonemien 50 välisen alueen 69 keskellä on rajalinja, joka on rinnakkaisten ulkonemien 59 rengasmaisen kehän rajalla ja määrittelee mainitunlaisen rinnakkaisten ulkonemien 59 välisen renkaan 65.

Koska ulkonemat 59 ulottuvat suunnassa Z johonkin korkeusasemaan lujittavan rakenteen 57 muiden osien korkeusaseman yläpuolelle, ulkonemien 50 yläpuolella oleville alueille kerrostuu lisäksi vähemmän kuituja, koska aukkoja 63 ja rinnakkaisten ulkonemien välisiä renkaita 65 vastaaville lujittavan rakenteen 57 osille täytyy kertyä kuituja ulkonemien 59 vapaiden päiden 53b korkeusasemaan asti, ennen kuin lisättävät kuidut jäävät ulkonemien 59 päälle suotautumatta joko aukkoon 63 tai rinnakkaisten ulkonemien 59 väliseen renkaaseen 65.

Yhdessä keksintöä rajoittamattomassa esimerkissä muodostushihnasta 42, jonka on havaittu toimivan hyvin tämän keksinnön mukaisesti, on kudottu lujittava rakenne 57, jonka kaksois-mesh-luku on 52. Lujittava rakenne 57 koostuu filamenteista, ja loimilangann läpimitta on noin 0,15 mm (0,006 tuumaa) ja kudelangan läpimitta noin 0,18 mm (0,007 tuumaa) avoimen pinta-alan osuuden ollessa noin 45 - 50 %. Lujittava rakenne 57 pystyy läpäisemään noin 36 300 normilitraa/min (1 280 normikuutiojalkaa/min) ilmaa paine-eron ollessa noin 12,7 vesipatsasmillimetriä (0,5 vesipatsastuumaa). Lujittavan rakenteen 57 paksuus on noin 0,76 mm (0,03 tuumaa), kun otetaan huomioon muodos-

tushihnan kahden pinnan 53 ja 55 välissä olevan kudoksen muodostamat nystyt.

Muodostushihnan 42 lujittavaan rakenteeseen 57 liitetään joukko kaksisuuntaisesti portaittaisia ulkonemia 59. Kunkin ulkoneman 59 etäisyys viereisestä ulkonemasta on konesuunnassa noin 19,9 mm (0,785 tuumaa) ja poikkisuunnassa noin 10,8 mm (0,425 tuumaa). Ulkonemia 59 on suunnilleen tiheydellä 47 ulkonemaa 59/cm^2 (300 ulkonemaa 59/neliötuuma).

Kunkin ulkoneman 59 vastakkaisten nurkkien välinen leveys poikkisuunnassa on noin 9,1 mm (0,357 tuumaa) ja vastakkaisten nurkkien välinen pituus konesuunnassa noin 13,6 mm (0,537 tuumaa). Ulkonemat 59 ulottuvat suunnassa Z noin 0,8 mm:n (0,003 tuuman) korkeudelle mitattaessa ulottuvuus lujittavan rakenteen 57 ulospäin suuntautuvan pinnan 53 lähemmästä korkeusasemasta 53a ulkoneman 59 vapaaseen päähän 53b.

Kunkin ulkoneman 59 keskellä on aukko 63, joka ulottuu ulkoneman vapaasta päästä 53b ulkoneman lähempään korkeusasemaan 53a, niin että ulkoneman vapaa pää 53b on nesteyhteydessä lujittavan rakenteen 57 kanssa. Kukin ulkoneman 59 keskellä oleva aukko 63 on yleisesti ottaen soikion muotoinen ja sen pääakseli on noin 5,9 mm (0,239 tuumaa) ja pienempi akseli noin 4,1 mm (0,160 tuumaa). Aukon 63 osuus ulkoneman 59 pinta-alasta on noin 29 %. Kun ulkonemat 59 on liitetty lujittavaan rakenteeseen 57, muodostushihnan 42 ilmanläpäisevyys on noin 490 normilitraa/min (13 900 normikuutiojalkaa/min) paine-eron ollessa noin 12,7 vesipatsasmillimetriä (0,5 vesipatsastuumaa).

Edellä mainittu muodostushihna 42 antaa tulokseksi kuviossa 1 valaistun kuiturakenteen 20. On kuitenkin ymmärrettävä, että edellä oleva esimerkki on keksintöä rajoittamaton ja lujittavan rakenteen, ulkonemien 59, niiden läpi kulkevien aukkojen 63 ja/tai rinnakkaisten ulkonemien 59 välisten renkaiden 65 monet variaatiot ovat ajatelta-

vissa olevia ja patenttivaatimusten kohteena olevan keksinnön suoja-alan piirissä.

Kuten kuviossa 2 valaistaan, laitteisto käsittää lisäksi välineen 44 nestekantajan ja siinä olevien selluloosakuitujen kerrostamiseksi laitteiston muodostushihnalle 42 ja tarkemmin määriteltynä muodostushihnan 42 pinnalle 53, jossa on erillisiä ylöspäin suuntautuvia ulkonemia 59, niin että lujittava rakenne 57 ja ulkonemat 59 peittyvät kokonaan kuitulietteellä. Tähän tarkoitukseen voidaan edullisesti käyttää alalla hyvin tunnetun kaltaista perälaatikkoa. Vaikka alalla tunnetaan muutamia perälaatikoiden 44 tyyppejä, yksi perälaatikko 44, jonka on havaittu toimivan hyvin, on tavanomainen tasoviirakoneen perälaatikko 44, joka levittää ja kerrostaa kuitulietettä yleisesti ottaen jatkuvasti muodostushihnan 42 ulospäin suuntautuvalle pinnalle 53.

Väline 44 kuitulietteen kerrostamiseksi ja muodostushihna 42 liikkuvat suhteessa toisiinsa, niin että muodostushihnalle 42 voidaan jatkuvatoimisesti kerrostaa yleisesti ottaen yhtenäinen määrä lietettä ja siinä olevia selluloosakuituja. Liete ja siinä olevat selluloosakuidut voidaan vaihtoehtoisesti kerrostaa muodostushihnalle 42 panosprosessina. Välinettä 44 kuitulietteen kerrostamiseksi läpäisevälle muodostushihnalle 42 voidaan edullisesti säätää, niin että kun muodostushihnan 42 ja kerrostusvälineen 44 suhteellinen liikkumisnopeus suurenee tai pienenee, muodostushihnalle 42 voidaan kerrostaa suurempia tai vastaavasti pienempiä nestekantajia ja siinä olevia selluloosakuituja aikayksikköä kohden.

Voidaan myös hankkia väline 50a ja/tai 50b alkeiskuiturakenteen 20 kuivaamiseksi, niin että muodostuu kaksiulotteinen kuiturakenne 20, jonka konsistenssi on vähintään noin 90 %. Mitä tahansa kätevää paperinvalmistusalalla hyvin tunnettua kuivausvälinettä 50a ja/tai 50b voidaan käyttää kuitulietteestä muodostetun alkeiskuiturakenteen

20 kuivaamiseen. Esimerkiksi puristinhuovat, lämpökuvut, infrapunasäteily, puhalluskuivaimet 50a ja jenkkisylinterit 50b, kukin käytettynä yksinään tai yhdistelmänä, ovat tyydyttäviä ja alalla hyvin tunnettuja. Yhdessä erityisen edullisessa kuivausmenetelmässä käytetään peräkkäin puhalluskuivainta 50a ja jenkkisylinteriä 50b.

Tämän keksinnön mukainen laitteisto voi haluttaessa lisäksi käsittää kuviossa 2 esitettävällä tavalla emulsiotelan 66. Emulsiotela 66 levittää vaikuttavan määrän kemikaaliseosta joko muodostushihnalle 42 tai haluttaessa toiselle hihnalle 46 edellä kuvatun prosessin aikana. Kemikaaliseos voi toimia irrotusaineena kuiturakenteen 20 estämiseksi tarttumasta epätoivottavalla tavalla joko muodostushihnaan 42 tai toiseen hihnaan 46. Emulsiotelaa 66 voidaan lisäksi käyttää levittämään kemiallista yhdistettä muodostushihnan 42 tai toisen hihnan 46 käsittelemiseksi ja siten sen käyttöiän pidentämiseksi. Emulsiota lisätään edullisesti muodostushihnan 42 ulospäin suuntautuville topografisille pinnoille 53, kun kuiturakenne 20 ei ole kosketuksessa muodostushihnan 42 kanssa. Tämä tapahtuu tyypillisesti sen jälkeen, kun kuiturakenne 20 on siirretty muodostushihnalta 42 ja muodostushihna 42 on paluureitillä.

Edullisiin kemikaaliseoksiin käytettäviksi emulsioina kuuluvat koostumukset, jotka sisältävät vettä, suurinopeuksisiin turpiineihin tarkoitettua öljyä, joka tunnetaan nimellä Regal Oil ja jota myy the Texaco Oil Company, Houston, Texas tuotenumerolla R&O 68 Code 702; dimetyylidistearyyliammoniumkloridia, jota myy the Sherex Chemical Company, Inc., Rolling Meadows, Illinois nimellä ADOGEN TA100; setyylialkoholia, jota valmistaa the Procter & Gamble Company, Cincinnati, Ohio; ja hapettumisenestoainetta, kuten ainetta, jota myy American Cyanamid, Wayne, New Jersey nimellä Cyanox 1790. Haluttaessa voidaan käyttää myös puhdistussuihkuja tai -sumuttimia (ei kuvissa)

muodostushihnan 42 puhdistamiseksi kuiduista ja muista jäännöksistä, joita jää jäljelle, kun kuiturakenne 20 on siirretty muodostushihnalta 42.

Yksi mahdollinen, mutta hyvin edullinen vaihe tämän keksinnön mukaisen selluloosakuiturakenteen 20 aikaansaannissa on kuiturakenteen 20 lyhentäminen sen kuivauksen jälkeen. Tässä käytettynä "lyhentäminen" tarkoittaa vaihetta, jossa pienennetään kuiturakenteen 20 pituutta järjestelemällä kuidut uudelleen ja katkomalla kuitujen välisiä sidoksia. Lyhentäminen voidaan tehdä millä tahansa muutamista hyvin tunnetuista tavoista, joista yleisin ja edullinen on kreppaus.

Kreppausvaihe voidaan toteuttaa kuivausvaiheen yhteydessä käyttämällä edellä mainittua jenkkisylinteriä 50b. Kreppaustoimenpiteessä selluloosakuiturakenrakenne 20 saatetaan tarttumaan pintaan, edullisesti jenkkisylinteriin 50b, ja irrotetaan sitten tästä pinnasta kaapimella 68 liikuttamalla kaavinta 68 suhteessa pintaan, johon kuiturakenne 20 on tarttunut. Kaavin 68 on suunnattu osittain kohtisuorasti pinnan ja kaapimen 68 välisen suhteellisen liikkeen suuntaan nähden ja on edullisesti suurin piirtein kohtisuorassa sitä vastaan.

Voidaan hankkia myös väline paine-eron kohdistamiseksi kuiturakenteen 20 valittuihin osiin. Paine-ero voi aiheuttaa kuiturakenteen alueiden 24, 26 ja 28 tiivistymisen tai tiheyden pienenemisen. Paine-ero voidaan kohdistaa kuiturakenteeseen 20 missä tahansa prosessin vaiheessa, ennen kuin liian paljon nestekantajaa on suotautunut pois, ja sitä käytetään edullisesti kuiturakenteen 20 ollessa vielä alkeiskuiturakenne 20. Jos nestekantajaa suotautuu liian paljon pois ennen paine-eron kohdistamista, kuidut voivat olla liian jäykkiä eivätkä ne mukaudu kyllin hyvin ulkonemista 59 koostuvan kuviomuodostelman topografiaan, jolloin tuloksena on kuiturakenne 20, jossa ei ole kuvattuja neliömassaltaan erilaisia alueita.

Kuiturakenteen 20 alueet 24, 26 ja 28 voidaan haluttaessa jakaa edelleen osiin tiheyden mukaan käyttämällä välinettä paine-eron kohdistamiseksi kuiturakenteen 20 valittuihin osiin. Tämä tarkoittaa, että kutakin aluetta 24, 26 tai 28, jolla on määrätty neliömassa, voidaan käsitellä tässä kuvatulla laitteistolla ja menetelmällä sillä tavalla, että kullakin neliömassaltaan määrätyllä alueella 24. 26 tai 29 on useampia kuin yksi tiheys.

Jos halutaan esimerkiksi parantaa kuitujen välistä sitoutumista ja siten kuiturakenteen 20 vetolujuutta, voidaan ajatella suurin piirtein jatkuvasta verkostosta koostuvan neliömassaltaan suuren alueen 24 valittujen kohtien tiheyden suurentamista. Tämä voidaan tehdä siirtämällä selluloosakuiturakenne 20 muodostushihnalta 42 toiselle hihnalle 46, jossa on ulokkeita, jotka eivät osu yhteen muodostushihnan 42 erillisten ulkonemien kanssa. Siirron aikana (tai sen jälkeen) toisen hihnan 46 ulokkeet puristavat kokoon selluloosakuiturakenteen 20 alueiden 24, 26 ja 28 valittuja kohtia ja aiheuttavat tällaisten kohtien tiivistymisen.

Tiivistymisaste on tietenkin korkeampi neliömassaltaan suurilla alueilla 24 olevissa kohdissa kuin neliömassaltaan keskinkertaisilla alueilla 26 tai neliömassaltaan pienillä alueilla 28 olevissa kohdissa, koska neliömassaltaan suurilla alueilla 24 on läsnä suurempi määrä kuituja. Niinpä sisällyttämällä sopiva tiivistysaste selluloosakuiturakenteeseen voidaan tiivistys kohdistaa vain neliömassaltaan suurilla alueilla oleviin valittuihin kohtiin, neliömassaltaan suurilla ja keskinkertaisilla alueilla oleviin valittuihin kohtiin tai neliömassaltaan suurilla, keskinkertaisilla ja pienillä alueilla 24, 26 ja 28 oleviin valittuihin kohtiin.

Käyttämällä selektiivistä tiivistystä on siten mahdollista valmistaa rakenne, jossa on neljä aluetta: neliömassaltaan suuri alue 24, jolla on jokin määrätty tiheys,

neliömassaltaan suuri alue 24, jolla on suhteellisesti suurempi tiheys kuin loppuosalla neliömassaltaan suurta aluetta 24, neliömassaltaan keskinkertainen alue 26 ja neliömassaltaan pieni alue 28. Vaihtoehtoisesti on mahdollista valmistaa kuiturakenne 20, jossa on viisi aluetta: neliömassaltaan suuri alue 24, jolla on ensimmäinen tiheys, neliömassaltaan suuri alue 24, jolla on suhteellisesti suurempi tiheys, neliömassaltaan keskinkertainen alue 26, jolla on ensimmäinen tiheys, neliömassaltaan keskinkertainen alue 26, jolla on suhteellisesti suurempi tiheys, ja neliömassaltaan pieni alue 28. Lopuksi mainittakoon, että on tietenkin mahdollista valmistaa kuiturakenne 20, jossa on kuusi aluetta: neliömassaltaan suuri alue 24, jolla on ensimmäinen tiheys, neliömassaltaan suuri alue 24, jolla on suhteellisesti suurempi tiheys, neliömassaltaan keskinkertainen alue 26, jolla on ensimmäinen tiheys, neliömassaltaan keskinkertainen alue 26, jolla on suhteellisesti suurempi tiheys, neliömassaltaan pieni alue 28, jolla on ensimmäinen tiheys, ja neliömassaltaan suuri alue 28, jolla on suhteellisesti suurempi tiheys.

Kun toisen hihnan 46 ulokkeet puristavat kokoon valittuja kohtia, tällaiset kohdat tiivistyvät ja kuitujen välinen sitoutuminen paranee. Tällainen tiivistys suurentaa näiden kohtien ja koko selluloosakuiturakenteen 20 vetolujuutta.

Vaihtoehtoisesti voidaan pienentää eri alueiden 24, 26 tai 28 valittujen kohtien tiheyttä ja suurentaa tällaisten kohtien paksuutta ja imukykyä. Tiheyden pienentäminen voidaan tehdä siirtämällä selluloosakuiturakenne 20 muodostushihnalta 42 toiselle hihnalle, jossa on alipainetta läpäiseviä alueita 63, jotka eivät osu yhteen ulkonemien 59 tai selluloosakuiturakenteen eri alueiden 24, 26 ja 28 kanssa. Kun selluloosakuiturakenne on siirretty toiselle hihnalle 46, toisen hihnan 46 alipainetta läpäiseviin alueisiin kohdistetaan juoksevan aineen aiheuttama

paine-ero, joko positiivinen tai normaalipainetta alempi. Juoksevan aineen aiheuttama paine-ero saa aikaan kuitujen kääntymistä kussakin kohdassa, joka osuu yhteen alipainetta läpäisevien alueiden kanssa toisen hihnan 46 normaalin suunnassa. Juoksevan aineen aiheuttaman paine-eron kohteeksi joutuneiden kohtien kuitujen kääntyminen johtaa kuitujen liikkumiseen poispäin selluloosakuiturakenteen 20 tasosta ja suurentaa rakenteen paksuutta.

Yksi edullinen laite juoksevan aineen aiheuttaman paine-eron kohdistamiseksi selluloosakuiturakenteen 20 kohtiin, jotka osuvat yhteen toisen hihnan alipainetta läpäisevien alueiden 63 kanssa, on imulaatikko, joka suuntaa juoksevalla aineella aikaansaadun alipaineen toisen hihnan 46 siihen pintaan, joka ei ole kosketuksessa selluloosakuiturakenteen 20 kanssa.

Menetelmä

Tämän keksinnön mukainen selluloosakuiturakenne 20 voidaan valmistaa menetelmällä, joka käsittää vaiheet, jossa hankitaan joukko nestekantajassa olevia selluloosakuituja. Selluloosakuituja ei liuoteta vaan ne ainoastaan suspendoidaan nestekantajaan. Hankitaan myös nestettä läpäisevä muodostuselementti, kuten muodostushihna 42, ja väline nestekantajan ja siinä olevien selluloosakuitujen kerrostamiseksi muodostushihnalle. 42.

Muodostushihnassa 42 on suurella virtausnopeudella ja pienellä virtausnopeudella nestettä läpäiseviä vyöhykkeitä, joita määrittelevät renkaat 65 ja vastaavasti aukot 63. Muodostushihnassa on myös ylöspäin kohoavia ulkonemia 59.

Nestekantaja ja siinä olevat selluloosakuidut kerrostetaan muodostushihnalle 42 kuviossa 2 valaistulla tavalla. Nestekantaja suotautetaan muodostushihnan läpi kahdella samanaikaisesti esiintyvällä tasolla, korkealla virtausnopeustasolla ja alhaisella virtausnopeustasolla. Korkean virtausnopeustason ollessa kyseessä nestekantaja suo-

tautuu nestettä läpäisevien suuren virtausnopeuden vyöhykkeiden läpi määrätyllä alkunopeudella, kunnes tapahtuu tukkeutumista (tai nestekantajaa ei enää syötetä muodostushihnan 42 tähän osaan).

Alhaisen virtausnopeustason ollessa kyseessä, nestekantaja suotautuu nestettä läpäisevien suuren virtausnopeuden vyöhykkeiden läpi määrätyllä alkunopeudella, joka on pienempi kuin alkuvirtausnopeus suuren virtausnopeuden vyöhykkeillä.

Virtausnopeus sekä muodostushihnassa 42 olevan suuren että pienen virtausnopeuden vyöhykkeen läpi laskee tietenkin ajan funktiona kummallakin vyöhykkeellä tapahtuvan odotettavissa olevan tukkeutumisen vuoksi. Sitoutumatta mihinkään teoriaan, pienen virtausnopeuden vyöhykkeet saattavat tukkeutua selektiivisesti ennen suuren virtausnopeuden vyöhykkeiden tukkeutumista.

Ensimmäiseksi tapahtuva vyöhykkeen tukkeutuminen saattaa johtua mainitunlaisten vyöhykkeiden pienemmästä hydraulisesta säteestä ja suuremmasta virtausvastuksesta sellaisten tekijöiden kuin pienen virtausnopeuden vyöhykkeiden virtauspinta-alan, märän kehän, muodon ja jakautuman perusteella. Pienen virtausnopeuden vyöhykkeet voivat käsittää esimerkiksi ulkonemien 59 läpi kulkevia aukkoja 63, joilla aukoilla 63 on suurempi virtausvastus kuin rinnakkaisten ulkonemien 59 välisillä nestettä läpäisevillä renkailla 65.

Analyysimenettelyt

Opasiteetti

Suhteellisten opasiteettierojen määrittämiseksi kvantitatiivisesti voidaan käyttää Nikon-stereomikroskooppia, malli SMZ-2T, jota Myy Nikon Company, New York, New York, yhdessä C-mounted Dage MTI Model NC-70 -videokameran kanssa. Mikroskooppikuvaa voidaan tarkastella stereoskooppisesti okulaarien kautta tai kaksidimensionaalisesti tietokoneen monitorilla. Mikroskooppiin kiinnitetystä kame-

rasta tulevat analogiset kuvatiedot voidaan digitoida videokortilla, jota valmistaa Data Translation, Marlboro, Massachusetts, ja analysoida MacIntosh IIx -tietokoneella, jota valmistaa Apple Computer Co., Cupertino, Kalifornia. Sopiva ohjelmisto digitointia ja analysointia varten on IMAGE, versio 1.31, jota myy the National Institute of Health, Washington, D.C.

Näytettä tarkastellaan okulaarien läpi käyttämällä mikroskoopin stereoskopiamahdollisuuksia sellaisten näytteen alueiden määrittämiseksi, joilla kuidut ovat suurin piirtein näytteen tasossa, ja toisten näytteen alueiden määrittämiseksi, joissa kuidut ovat taipuneina kohtisuorasti näytteen tasoon nähden. Voidaan odottaa, että alueet, joilla kuidut ovat taipuneet kohtisuorasti näytteen tasoon nähden, ovat pienitiheyksisempiä kuin alueet, joilla kuidut ovat pääasiassa näytteen tasossa. Tarkempaan analyysiin tulisi valita kaksi aluetta, yksi kumpaakin edellä mainittua kuitujakautumaa vastaava alue.

Jotta käyttäjä voisi kätevämmin tunnistaa kiinnostuksen kohteena olevat näytteen alueet, voidaan käyttää kädessä pidettävää läpinäkymätöntä maskia, jossa on läpinäkyvä ikkuna, joka on hieman suurempi kuin analysoitava alue. Näyte asetetaan siten, että kiinnostuksen kohteena oleva alue on keskellä mikroskoopin objektipöytää. Maski asetetaan näytteen päälle siten, että läpinäkyvä ikkuna on keskellä ja rajaa analysoitavan alueen. Tämä alue ja ikkuna keskitetään sitten monitorille. Maski tulisi poistaa, niin etteivät ikkunan läpikuultavuusominaisuudet vääristä analyysiä.

Näytteen ollessa mikroskoopin objektipöydällä taustavalaisu säädetään siten, että suhteellisen ohuet kuidut tulevat näkyviin. Määritetään kynnysharmaasävyt ja säädetään sopimaan yhteen kooltaan pienempien kapillaarien kanssa. On havaittu, että edellä kuvatut 256 harmaasävyä toimivat hyvin, jolloin 0 edustaa täysin valkoista ulkonä-

köä ja 255 täysin mustaa ulkonäköä. Tässä kuvattujen näytteiden ollessa kyseessä on kynnysharmaasävyjen noin 0 - 125 havaittu toimivan hyvin kapillaarien detektoinnissa.

Koko valittu alue väritetään sitten kaksiväriseksi, jolloin ensimmäinen väri edustaa detektoituja kapillaareja erillisinä osasina ja harmaasävytys edustaa detektoimattomien kuitujen läsnäoloa. Koko tämä valittu alue leikataan ja rajataan irti ympäröivästä näytteen osasta käyttämällä joko hiirtä tai ohjelmistossa olevaa täydellistä neliökuviota. Näytteen paksuuden läpi tunkeutuvien kapillaarien projektiota vastaavien kynnysharmaasävyosasten lukumäärä ja niiden kokojen keskiarvo (pinta-alayksiköinä) voidaan helposti taulukoida käyttämällä ohjelmistoa. Osasten kokoyksikkö on joko kuvalementti, tai koko voidaan kalibroida mikrometreiksi yksittäisten kapillaarien toedellisen pinta-alan määrittämiseksi.

Tämä menettely toistetaan toisella kiinnostuksen kohteena olevalla alueella. Toinen alue asetetaan monitorin keskelle ja leikataan ja rajataan sitten irti näytteen muusta osasta käyttämällä haluttaessa käsin pideltävää maskia. Tälläkin kertaa lasketaan osaset, joille on annettu kynnysarvo, ja jotka edustavat näytteen paksuuden läpi tunkeutuvien kapillaarien projektiota, ja taulukoidaan niiden kokojen keskiarvo.

Sitten määritetään kvantitatiivisesti mahdollinen opasiteettiero tarkasteltavien alueiden 24, 26 ja 28 välillä. Kuten edellä esitettiin, on odotettavissa, että neliömassaltaan suurilla alueilla 24 on suurempi opasiteetti kuin neliömassaltaan keskinkertaisilla alueilla 26, joilla on suurempi opasiteetti kuin neliömassaltaan pienillä alueilla 28.

Neliömassa

Tämän keksinnön mukaisen kuiturakenteen 20 neliömassa voidaan mitata kvalitatiivisesti tarkastelemalla

optisesti (haluttaessa suurennettuna) kuiturakennetta 20 yleisesti ottaen kohtisuorassa suunnassa kuiturakenteen 20 tasoon nähden. Jos esiintyy eroja kuitujen määrässä, erityisesti millä tahansa tasoon nähden kohtisuorassa olevalla viivalla havaitussa määrässä, ei-sattumanvaraista, säännöllistä, toistuvaa kuviota noudattavalla tavalla, voidaan päätellä yleisesti, että rakenteessa esiintyy vastaavalla tavalla neliömassaeroja.

Erityisesti muiden kuitujen päälle pinoutuneiden kuitujen määrän arviointi on merkityksellistä määritettäessä jonkin määrätyn alueen 24, 26 tai 28 neliömassaa tai minkä tahansa kahden alueen 24, 26 tai 28 välisiä neliömassaeroja. Eri alueiden 24, 26 tai 28 välisiä neliömassaeroja osoittavat yleisesti ottaen kääntäen verrannolliset erot mainitunlaisten alueiden 24, 26 tai 28 läpäisseen valon määrässä.

Jos halutaan määrittää täsmällisemmin jonkin alueen 24, 26 tai 28 neliömassa suhteessa eri alueen 24, 26 tai 28 neliömassaan, suhteellisten erojen suuruus voidaan määrittää käyttämällä useita pitkäaaltoisella röntgensäteilyllä tehtyjä valotuksia radiografiakuvan muodostamiseksi näytteestä ja analysoimalla sitten kuva. Käyttämällä pitkäaaltoiseen röntgensäteilyyn ja kuvan analysointiin perustuvaa menetelmää verrataan joukkoa standardeja, joilla on tunnetut neliömassat, kuiturakennenäytteeseen 20. Analyysissä käytetään kolmea maskia; yhtä erillisten neliömassaltaan pienten alueiden 28 osoittamiseksi, yhtä neliömassaltaan suurten alueiden 24 muodostaman jatkuvan verkoston osoittamiseksi ja yhtä siirtymäalueiden osoittamiseksi. Seuraavassa kuvauksessa viitataan muistikanaviin. On kuitenkin ymmärrettävä, että nämä nimenomaiset muistikanavat liittyvät yhteen erityisesimerkkiin, kun taas seuraava neliömassan määrityksen kuvaus ei ole tällä tavalla rajoitettu.

Tehtäessä vertailu standardit ja näyte valotetaan samanaikaisesti pitkäaaltoisella röntgensäteilyllä näytteen harmaasävykuvan varmistamiseksi ja kalibroimiseksi. Näytteestä otetaan kuva pitkäaaltoisella röntgensäteilyllä ja filmille rekisteröityy kuvan intensiteetti, joka on verrannollinen röntgensäteiden kulkureitillä olevan, kuiturakenteen 20 kuituja edustavan massan määrään.

Pitkäaaltoisella röntgensäteilyllä tehtävä kuvaus voidaan haluttaessa toteuttaa käyttämällä Hewlett Packard Faxitron -röntgenyksikköä, jota myy Hewlett Packard Company, Palo Alto, Kalifornia. Röntgenfilmiä, jota myy E.I. DuPont Nemours & Co., Wilmington, Delaware, nimellä NDT 35 ja pyöriviä filminkehitysputkiyksiköitä JOBO voidaan käyttää edullisesti jäljempänä kuvattavan näytteen kuvan kehittämiseen.

Eri röntgenyksiköiden välisten odotettujen ja tavanomaisten vaihteluiden vuoksi käyttäjän täytyy säätää kullekin röntgenyksikölle optimaaliset valotusolosuhteet. Tässä käytetyn Faxitron-yksikön röntgensäteilylähteen koko on noin 0,5 mm, siinä on 0,64 mm:n paksuinen berylliumikkuna, ja se toimii 3 mA:n tasavirralla. Filmin ja lähteen välinen etäisyys on noin 61 cm ja jännite noin 8 kVp. Ainoa muuttuva parametri on valotusaika, joka säädetään siten, että digitoitu kuva antaisi tulokseksi maksimikontrastin tehtäessä histogrammi jäljempänä kuvattavalla tavalla.

Näyte stanssataan suunnilleen mittoihin 2,5 x 7,5 cm (1 x 3 tuumaa). Näyte voidaan haluttaessa varustaa merkeillä, jotta mahdollistetaan sellaisten alueiden 24, 26 ja 28 sijaintien tarkka määrittäminen, joilla on toisistaan erotettavissa oleva neliömassa. Näytteeseen voidaan sisällyttää sopivia merkkejä stanssaamalla näytteestä pois kolme aukkoa pienellä lävistimellä. Tässä kuvattavien suoritusmuotojen yhteydessä on havaittu, että lävistin, jonka läpimitta on noin 1,0 mm (0,039 tuumaa), toimii hy-

vin. Aukot voivat olla samassa rivissä tai järjestettyinä kolmion muotoiseksi kuvioksi.

Merkkejä voidaan hyödyntää jäljempänä kuvattavalla tavalla neliömassaltaan määrättyjen alueiden 24, 26 ja 28 sovittamiseen yhteen alueiden 24, 26 ja 28 kanssa, jotka erottuvat toisistaan muiden intensiivisyysominaisuuksien, kuten paksuuden ja/tai tiheyden, suhteen. Kun merkit on sijoitettu näytteelle, se punnitaan analyysivaa'alla, jonka tarkkuus on neljä merkitsevää numeroa.

DuPontin NDT 35 -filmi asetetaan Faxitron-röntgenyksikölle emulsiopuoli ylöspäin ja leikattu näyte sijoitetaan filmille. Röntgenyksikölle sijoitetaan samanaikaisesti myös noin viisi kalibrointistandardia, joiden mitat ovat noin 15 x 15 mm, ja joilla on tunnetut neliömassat (jotka ovat lähellä ja rajoittavat näytteen eri alueiden 24, 26 ja 28 neliömassoja) ja tunnetut pinta-alat, niin että on saatavissa tarkka neliömassa harmaasävyn kalibroimiseksi joka kerta, kun näytteen kuva otetaan ja kehitetään. Faxitron-yksikköön syötetään heliumia noin 5 min:n ajan säätimen asetuksella noin 6,9 kPa (1 psi), niin että ilma tulee huuhdotuksi pois ja ilman aiheuttama röntgensäteiden absorptio siten minimoiduksi. Yksikön valotusaika säädetään noin 2 min:ksi.

Kun näytekammio on huuhdottu heliumilla, näyte valotetaan pitkäaaltoisella röntgensäteilyllä. Kun valotus on saatettu loppuun, filmi siirretään suojakoteloon kehitettäväksi E.I. DuPont Nemours & Co.:n suosittelemissa standardiolosuhteissa valmiin radiografiakuvan muodostamiseksi.

Edellä mainitut vaiheet toistetaan käyttämällä valotusaikoja noin 2,2, 2,5, 3,0, 3,5 ja 4,0 min. Kullakin valotusajalla filmille saatu kuva digitoidaan sitten käyttämällä erotuskyvyltään hyvää radioskooppia Line Scanner, jota valmistaa Vision Ten, Torrence, Kalifornia, 8-bittisellä moodilla. Kuvat voidaan digitoida käyttämällä ava-

ruusresoluutiota, joka vastaa 1 024 x 1 024 erillistä pistettä, jotka edustavat radiografisen kuvan alaa, jonka mitat ovat 8,9 x 8,9 cm. Tähän tarkoitukseen soveltuviin ohjelmiin kuuluu Radiographic Imaging Transmission and Archive (RITA), jonka tekijä on Vision Ten. Kuvista tehdään sitten histogrammit kunkin harmaasävyarvon esiintymistiheyden rekisteröimiseksi. Standardipoikkeama rekisteröidään kunkin valotuskerran yhteydessä.

Valotusaikaa, joka antaa tulokseksi suurimman standardipoikkeaman, käytetään kaikissa seuraavissa vaiheissa. Elleivät valotusajat anna tulokseksi maksimaalista standardipoikkeamaa, tulisi valotusaika-aluetta laajentaa edellä kuvattua suuremmaksi. Laajennetuilla valotusajoilla saatuihin kuviin liittyvät standardipoikkeamat tulisi laskea uudelleen. Näitä vaiheita toistetaan, kunnes saadaan näkyviin selkeästi korkein standardipoikkeama. Maksimistandardipoikkeamaa hyödynnetään tulosten hajonnan kautta syntyvän kontrastin maksimoimiseksi. Kuvioissa 8 - 14 valaistujen näytteiden kohdalla arvioitiin valotusaika noin 2,5 - 3,0 min optimaaliseksi.

Optimaalinen radiografiakuva digitoidaan uudelleen 12-bittisellä moodilla käyttämällä erotyskyvyltään hyvää Line Scanner -laitetta kuvan näyttämiseksi 1 024 x 1 024 -monitorilla kuvasuhteella 1:1 ja Vision Tenin tekemää Radiographic Imaging Transmission and Archive -ohjelmistoa kuvien tallentamiseksi, mittaamiseksi ja näyttämiseksi. Skannerin linssi säädetään siten, että kuva-ala on noin 8,9 cm 1 024 kuvalementtiä kohden. Sitten filmi skannataan 12-bittisellä mooodilla ottaen keskiarvo sekä vaaka- että pustysuorista hakutaulukoista kuvan muuttamiseksi takaisin kahdeksanbittiseen moodiin.

Tämä kuva näytetään 1 024 x 1 024 -viivaisella monitorilla. Harmaasävyarvot tutkitaan gradienttien määrittämiseksi, joita mahdollisesti esiintyy radiografiakuvan valotetuilla alueilla, jotka eivät ole näytteen tai kalib-

rointistandardien peittämiä. Radiografiakuva katsotaan hyväksyttäväksi, jos täytetään mikä tahansa seuraavista kolmesta kriteeristä:

filmitausta ei sisällä reunasta toiseen ulottuvia harmaasävyarvogradientteja;

filmitausta ei sisällä yläreunasta alareunaan ulottuvia harmaasävyarvogradientteja;

läsnä on gradientti vain yhdessä suunnassa, ts. harmaasävyarvojen ero reunojen välillä radiografiakuvan yläosassa on sama kuin gradienttiero radiografiakuvan alareunassa.

Yksi mahdollinen pikamenetelmä sen määrittämiseksi, onko kolmas ehto täytettävissä, on tutkia radiografiakuvan neljässä, näytteen kuvan lähellä olevassa nurkassa sijaitsevien kuvaelementtien harmaasävyarvoja.

Jäljellä olevat vaiheet voidaan toteuttaa Gould Model IP9545 Image Processor -laitteella, jonka valmistaja on Gould, Inc., Fremont, Kalifornia ja jonka isäntäkoneena toimii Digitalized Equipment Corporation VAX 8350 -tietokone, käyttämällä Library of Image Processor Softaware (LIPS) -ohjelmistoa.

Filmitaustan osa, joka edustaa edellä esitettyjä kriteerejä, valitaan käyttämällä algoritmia kiinnostuksen kohteena olevien näytteen alueiden valitsemiseksi. Nämä alueet suurennetaan kokoon 1 024 x 1 024 kuvaelementtiä filmitaustan simuloimiseksi. Tuloksena olevan kuvan suodattamiseen käytetään satunnaissuodatinta (matriisin koko 29 x 29). Tämä kuva, joka on määritetty näytettä ja standardeja sisältämättömäksi, talletetaan sitten filmitaustana.

Tämä filmitausta vähennetään digitaalisesti alakuvasta, joka sisältää näytteen kuvan filmitaustalla, jolloin saadaan uusi kuva. Digitaaliseen vähennykseen käytettävä algoritmi sanelee, että alueella 0 - 128 olevat harmaasävyarvot tulisi asettaa arvoon nolla ja alueella 129 -

255 olevat harmaasävyarvot tulisi asettaa uudelleen alueelle 1 - 127 (käyttämällä kaavaa x - 128). Tämä arvojen uudelleenasetus korjaa negatiivisia tuloksia, joita esiintyy vähennetyssä kuvassa. Kunkin kuva-alan maksimin, minimin, standardipoikkeaman, keskiverron, keskiarvon ja kuvaelementtipinta-alan arvot rekisteröidään.

Uusi kuva, joka sisältää vain näytteen ja standardit, talletetaan referenssiksi myöhempää käyttöä varten. Sitten käytetään algoritmia yksilöllisesti määriteltyjen kuva-alojen selektiiviseen asettamiseen kunkin standardinäytettä sisältävän kuva-alan kohdalla. Kullekin standardille mitataan harmaasävyhistogrammi. Näistä yksilöllisesti määritellyistä alueista tehdään sitten histogrammi.

Edellisestä vaiheesta saatuja histogrammitietoja käytetään sitten regressioyhtälön kehittämiseen, joka kuvaa massan ja harmaasävyn keskinäistä riippuvuutta ja laskee kertoimet massa-harmaasävy-yhtälölle. Riippumattomana muuttujana on keskimääräinen harmaasävy. Riippuvana muuttujana on massa kuvaelementtiä kohden kunkin kalibrointistandardin kohdalla. Koska harmaasävyarvo nolla vastaa määritelmän mukaan massaa nolla, regressioyhtälöä kuvaava käyrä leikkaa väistämättä y-akselin nollan kohdalla. Yhtälö voi hyödyntää mitä tahansa tavallista taulukkolaskentaohjelmaa ja laskentaan voidaan käyttää tavallista PC-laitteistoa.

Sitten algoritmia käytetään pelkän näytteen sisältävän kuva-alan määrittelyyn. Tämä kuva, joka esitetään muistikanavalla 1, tallennetaan referenssiksi myöhempää käyttöä varten ja sille tehdään myös luokittelu kunkin harmaasävyn esiintymiskertojen suhteen. Sitten käytetään regressioyhtälöä luokitelluille kuvatiedoille laskennallisen kokonaismassan määrittämiseksi. Regressioyhtälö on seuraavaa muotoa:

$$Y = A \cdot X \cdot N,$$

jossa Y on kutakin harmaasävymuistipaikkaa vastaava massa, A on regressioanalyysillä saatu kerroin, X on harmaasävy (alue 0 - 255) ja N on kuvalementtien lukumäärä kussakin muistipaikassa (määritetty luokitellusta kuvasta). Laskemalla yhteen kaikki Y-arvot saadaan laskennallinen kokonaismassa. Tarkkuuden vuoksi tätä arvoa verrataan sitten näytteen punnitsemalla määritettyyn todelliseen massaan.

Muistikanavan 1 kalibroitu kuva näytetään monitorilla ja käytetään algoritmia kuvan 256 x 256 kuvaelementin kokoisen alueen analysointiin. Tämä alue suurennetaan sitten samalla tavalla kussakin suunnassa kuusinkertaiseksi. Kaikki myöhemmät kuvat muodostetaan täten saadusta kuvasta.

Haluttaessa voidaan valita tuloksena olevan kuvan alue, joka esitetään muistikanavalla 6 ja joka sisältää noin kymmenen eri alueiden 24, 26 ja 28 muodostamaa eisattumanvaraista, toistuvaa kuviota eri alueiden 24, 26 tai 28 segmentoimiseksi. Tuloksena oleva, muistikanavalla 6 esitettävä kuva talletetaan referenssiksi tulevaa käyttöä varten. Käyttämällä valokynällä varustettua koordinaatinlukijaa voidaan käyttää vuorovaikutteisen grafiikan peitto-ohjelmaa neliömassaltaan suurten alueiden 24 ja neliömassaltaan pienten alueiden 28 välisten siirtymäalueiden määrittämiseen. Käyttäjän tulisi oman harkintansa mukaan ja manuaaliseti ympäröidä valokynällä erilliset alueet 26 erillisten alueiden 26 ja jatkuvien alueiden 24 ja 28 puolivälistä ja täyttää nämä alueet 26. Käyttäjän tulisi varmistaa, että kunkin ympäröidyn alueen 26 ympärille muodostuu suljettu rengas. Tässä vaiheessa luodaan raja kaikkien erillisten alueiden 26 ympärille ja välille, jotka voidaan erottaa harmaasävyintensiteettivaihteluiden perusteella.

Edellisessä vaiheessa muodostettu grafiikkamaski kopioidaan siten bittitason läpi kaikkien peitettyjen arvojen (kuten alueella 26 esiintyvien arvojen) asettamisek-

si nollaksi ja kaikkien peittämättömien arvojen (kuten alueilla 24 ja 28 esiintyvien arvojen) asettamiseksi arvoon 128. Tämä maski tallennetaan referenssiksi myöhempää käyttöä varten. Tätä maskia, joka peittää erilliset alueet 26, laajennetaan sitten ulospäin neljän kuvaelementin verran kunkin peitetyn alueen 26 kehän ympäri.

Edellä mainittu muistikanavan 6 suurennettu kuva kopioidaan sitten laajennetun maskin läpi. Tällöin saadaan muistikanavalla 4 esitettävä kuva, jossa näkyy vain reunoistaan syövytettyjen, neliömassaltaan suurten alueiden 24 muodostama jatkuva verkosto. Muistikanavan 4 kuva tallennetaan referenssiksi myöhempää käyttöä varten ja sille tehdään luokittelu kunkin harmaasävyaron esiintymiskertojen lukumäärän suhteen.

Alkuperäinen maski kopioidaan hakutaulukon läpi, joka kääntää harmaasävyarvot asteikolta 0 - 128 asteikolle 128 - 0. Tämän käännön vaikutuksena on maskin kääntyminen päinvastaiseksi. Tätä maskia laajennetaan sitten sisäänpäin neljän kuvaelementin verran käyttäjän piirtämän rajan ympäri. Tämän toimenpiteen vaikutuksena on erillisten alueiden 26 reunojen syövytys.

Muistikanavan 6 suurennettu kuva kopioidaan toisen laajennetun maskin läpi, jolloin tuloksena on reunoista syövytettyjä, neliömassaltaan pieniä alueita 28. Tuloksena oleva kuva, joka esitetään muistikanavalla 13, tallennetaan sitten referenssiksi myöhempää käyttöä varten ja sille tehdään luokittelu kunkin harmaasävyaron esiintymiskertojen lukumäärän suhteen.

Siirtymäalueiden, neliömassaltaan sekä suurten että pienen alueiden 28 suuntaan laajennettujen neljän kuvaelementin levyisten alueiden, kuvaelementtiarvojen saamiseksi tulisi yhdistää kaksi laajennetuilla maskeilla saatua syövytettyä kuvaa, jotka esitetään muistikanavilla 3 ja 5. Tämä tehdään syöttämällä ensin toinen syövytetty kuva

muistikanavaan ja toinen syövytetty kuva toiseen muistikanavaan.

Muistikanavan 2 kuva kopioidaan muistikanavan 4 kuvalle käyttämällä muistikanavan 2 kuvaa maskina. Koska maskikanavana käytetään toista, muistikanavalla 4 olevaa kuvaa, vain kuvaelementit, joiden arvo ei ole nolla, kopioituvat muistikanavan 4 kuvalle. Tällä menettelyllä saadaan kuva, joka sisältää syövytetyt neliömassaltaan suuret alueet 24 ja syövytetyt neliömassaltaan pienet alueet 28 mutta ei yhdeksän kuvaelementin levyisiä siirtymäalueita (neljä kuvaelementtiä kummastakin laajennuksesta ja yksi kuvaelementti käyttäjän tekemästä alueiden 26 ympäröinnistä). Tämä, muistikanavalla 2 esitettävä siirtymäalueita sisältämätön kuva tallennetaan referenssiksi myöhempää käyttöä varten.

Koska muistikanavan 2 siirtymäalueita esittävässä kuvassa siirtymäalueiden kuvaelementtien arvot ovat kaikki nollia ja tiedetään, ettei kuva voi sisältää harmaasävyarvoa, joka on suurempi kuin 127 (vähennysalgoritmi), kaikille nolla-arvoille annetaan arvo 255. Kaikille muistikanavan 2 kuvassa oleville, syövytetyiltä neliömassaltaan suurilta ja pieniltä alueilta 28 peräisin oleville arvoille, jotka eivät ole nollia, annetaan arvo nolla. Täten saadaan kuva, joka tallennetaan referenssiksi myöhempää käyttöä varten.

Siirtymäalueiden harmaasävyarvojen saamiseksi muistikanavan 6 kuva kopioidaan muistikanavan 5 kuvan läpi, jolloin tulokseksi saadaan vain yhdeksän kuvaelementin levyiset siirtymäalueet. Tämä kuva, joka esitetään muistikanavalla 3, tallennetaan referenssiksi myöhempää käyttöä varten ja sille tehdään myös luokittelu kunkin harmaasävyarvon esiintymiskertojen lukumäärän suhteen.

Jotta voidaan mitata neliömassaltaan pienten alueiden 28, neliömassaltaan suurten alueiden 24 ja siirtymäalueiden neliömassojen suhteelliset erot, käytetään kusta-

kin edellä kuvatusta ja muistikanavilla 3, 5 ja vastaavasti 2 esitettävästä luokitellusta kuvasta peräisin olevia tietoja standardinäytteistä saadussa regressioyhtälössä. Kunkin mahdollisen alueen 24, 26 tai 28 kokonaismassa määritetään laskemalla yhteen kuvan histogrammista saatavat massat harmaasävymuistipaikkaa kohden. Neliömassa lasketaan jakamalla massa-arvot kuvaelementtipinta-alalla ottaen huomioon mahdollinen suurennus.

Muistikanavilla 3 - 5 ja 7 esitettävien kuvien kutakin aluetta koskevat luokitellut kuvatiedot (esiintymistiheys) voidaan näyttää histogrammina ja niistä voidaan piirtää käyrä massan (harmaasävyn) funktiona tiheysjakautuman ollessa ordinaatalla. Jos tuloksena oleva käyrä on yksihuippuinen, on alueiden valinta ja maskin subjektiiviseen harkintaan perustuva piirtäminen todennäköisesti tehty täsmällisesti. Kuva voidaan myös valevärittää, niin että kukin väri vastaa kapeaa neliömassa-aluetta, käyttämällä seuraavaa taulukkoa mahdollisena värikartoitusmallina.

Tästä käsittelyvaiheesta tuloksena oleva kuva valeväritetään sitten harmaasävyalueen perusteella. Seuraava harmaasävyluettelo on havaittu sopivaksi kreppaamattomille selluloosakuiturakennenäytteille 20.

Harmaasävyalue	**Väri**
0	Musta
1 - 5	Tummansininen
6 - 10	Vaaleansininen
11 - 15	Vihreä
16 - 20	Keltainen
21 - 25	Punainen
26+	Valkoinen

Krepatuilla näytteillä on tyypillisesti suurempi neliömassa kuin muuten samanlaisilla kreppaamattomilla näytteillä. Seuraava harmaasävyluettelo on havaittu sopivaksi krepatuille selluloosakuiturakennenäytteille 20.

Harmaasävyalue	**Väri**
0	Musta
1 - 7	Tummansininen
8 - 14	Vaaleansininen
15 - 21	Vihreä
22 - 28	Keltainen
29 - 36	Punainen
36+	Valkoinen

Tuloksena oleva kuva voidaan vedostaa tulostimelle/piirturille. Haluttaessa voidaan vetää kohdistinviiva minkä tahansa edellä mainitun kuvion poikki ja kehittää harmaasävyprofiili. Jos tämä profiili antaa tulokseksi kvantitatiivisesti toistuvan kuvion, on tämä lisäosoitus siitä, että kuiturakennenäytteessä 20 esiintyy ei-sattumanvarainen, toistuva neliömassakuvio.

Neliömassaerot voidaan haluttaessa määrittää käyttämällä elektronisädesuihkulähdettä edellä mainitun pitkäaaltoisen röntgensäteilyn tilalla. Jos halutaan käyttää elektronisädesuihkua neliömassan kuvantamiseen ja määrittämiseen, yksi sopiva menettely esitetään EP-hakemusjulkaisussa 0 393 305 A2, joka on julkaistu 24. lokakuuta 1990 Lunerin *et al.* nimissä, ja joka mainitaan tässä viitteenä yhden sopivan menetelmän esittämiseksi kuiturakenteen 20 eri alueiden 24, 26 ja 28 neliömassaerojen määrittämistä varten.

Variaatiot

Ennustetaan, että selluloosakuiturakenteen 20 sijasta, jossa on erillisiä neliömassaltaan keskinkertaisia

alueita 26, voidaan todennäköisesti muodostaa selluloosakuiturakenne 20, jossa on neliömassaltaan keskinkertaisten alueiden 26 muodostama suurin piirtein jatkuva verkosto. Ennustetaan, että tällainen selluloosakuiturakenne 20 voidaan valmistaa käyttämällä muodostushihnaa 42', jossa on kuviossa 5 valaistuin välimatkoin esiintyviä ulonemia 59. Kuvion 5 mukaisessa muodostushihnassa 42' valitut ulkonemat 59 on ryhmitelty lähemmäksi toisiaan, niin että rinnakkaisten ulkonemien 59 välisillä nestettä läpäisevillä renkailla 65' on pienempi hydraulinen säde ja ne vastustavat siten voimakkaammin nestekantajassa olevien selluloosakuitujen kerrostumista alueelleen.

Tällaiset valittujen ulkonemien 59 muodostamat ryhmittymät 58 ovat jollakin etäisyydellä toisista ryhmittymistä 59, jotka muodostavat erillisen ryhmittymän 58. Ulkonemien 59 muodostamien rinnakkaisten ryhmittymien 58 välisillä nestettä läpäisevillä renkailla 65'' on suhteellisesti pienempi virtausvastus kuin lähempänä toisiaan olevien ulkonemien 59 välisillä nestettä läpäisevillä renkailla 65'. Kuten edellä on kuvattu, muodostushihnan 42' ulkonemista 59 koostuvat ryhmittymät 58 on järjestetty ruuduittain ja ne muodostavat ei-sattumanvaraisen toistuvan kuvion.

Rinnakkaisten ulkonemien 59 keskenään erilaisella etäisyydellä voidaan muodostushihnaan 42 saada aikaan nestettä läpäiseviä renkaita 65' ja 65'', joiden virtausvastukset ovat kääntäen verrannollisia ryhmittymien 58 väliseen etäisyyteen. On tietenkin ymmärrettävä, että kuiturakenteen 20 alueiden 24, 26 tai 28 neliömassat ovat edelleen yleisesti ottaen kääntäen verrannollisia jonkin määrätyn nestettä läpäisevän renkaan 65' tai 65'' virtausvastukseen.

Yksi odotettavissa oleva ero kuvion 5 mukaisella muodostushihnalla 42' valmistetun kuiturakenteen 20 ja kuvion 3 mukaisella muodostushihnalla 42 valmistetun kui-

turakenteen välillä on se, että muodostushihnalla 42' muodostetun kuiturakenteen 20 neliömassaltaan keskinkertaisen alueen 26 kuidut ovat yleisesti samansuuntaisia kuiturakenteen 20 valmistusprosessin pääsuuntien kanssa eivätkä orientoituneina säteittäisesti neliömassaltaan keskinkertaisten alueiden 26 keskipisteiden tai neliömassaltaan pienten alueiden 28 suhteen.

Edellä esitetyt muodostushihnoissa 42 ja 42' käytettävät keinot selluloosakuitujen pidättämiseksi kuvion mukaisesti voidaan yhdistää, kuten valaistaan ennustavalla tavalla kuviossa 6. Kuvio 6 esittää muodostushihnaa 42'', jossa rinnakkaiset ulkonemat 59 on järjestetty ryhmittymiksi, niin että rinnakkaisten ulkonemien 59 välisillä erilaisilla renkailla 65' ja 65'' on erilaiset virtausvastukset. Lisäksi ulkonemat 59 on varustettu aukoilla 63', joilla on yleisesti ottaen samanlainen virtausvastus kuin rinnakkaisten ulkonemien välisillä nestettä läpäisevillä renkailla 65' tai 65'' tai joilla voi olla erilainen virtausvastus kuin rinnakkaisten ulkonemien välisillä nestettä läpäisevillä renkailla 65' tai 65''.

Yhdistelmämuunnokset ovat mahdollisia. Esimerkiksi ulkonemia 59 sisältävät muodostushihnat 42 (ei kuvissa), joissa on yhtä kokoa olevia aukkoja 63 halutuissa ulkonemissa 59 ja toista kokoa olevia aukkoja (ja vielä kolmatta kokoa olevia aukkoja 63) muissa ulkonemissa, ovat mahdollisia. Vielä yhtenä lisämuunnoksena on erikokoisten aukkojen 63 sisällyttäminen samaan ulkonemaan. Vinoneliön muotoisessa ulkonemassa 59 voi olla esimerkiksi kaksi pientä aukkoa 63 vinoneliön kärkien lähellä ja suuri aukko 63 vinoneliön keskellä.

Lisäksi muodostushihna 42 (ei kuvissa), jossa on ulkonemista 59 koostuva ryhmittymä, jossa vierekkäiset ulkonemat ovat yhdellä etäisyydellä toisistaan, ja jossa rinnakkaiset ryhmittymät ovat toisella etäisyydellä toi-

sistaan ja rinnakkaisten ryhmittymien muodostamat galaksit kolmannella etäisyydellä toisistaan, on mahdollinen.

Ulkonemien 59 välisen etäisyyden yhdistelmävariaatio voidaan tietenkin yhdistää aukon 63 koon yhdistelmävariaatioon, jolloin saadaan vielä lisää yhdistelmiä. Kaikki tällaisten variaatiot ja muunnokset ovat seuraavissa patenttivaatimuksissa esitettävän keksinnön suoja-alan piirissä.

Patenttivaatimukset

1. Yksikerroksinen selluloosakuiturakenne (20), joka käsittää vähintään seuraavat kolme aluetta, jotka mainitut kolme aluetta on sijoitettu ei-sattumanvaraisen, toistuvan kuvion mukaisesti:

ensimmäinen alue (24), jonka neliömassa on suhteellisen suuri ja joka käsittää suurin piirtein jatkuvan verkoston;

toinen alue (28), jonka neliömassa on suhteellisen pieni verrattuna ensimmäiseen alueeseen (24) tai nolla, ja joka on mainitun ensimmäisen alueen (24) ympäröimä ja sen vieressä; t u n n e t t u siitä, että rakenne

käsittää kolmannen alueen (26), jonka neliömassa on mainittujen ensimmäisen (24) ja toisen alueen (28) neliömassan välissä ja joka mainittu kolmas alue (26) on mainitun toisen alueen (28) vieressä.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen selluloosakuiturakenne (20), joka käsittää vähintään neljä aluetta, t u n n e t t u siitä, että mainittu ensimmäinen alue (24), jolla on suhteellisen suuri neliömassa, käsittää kaksi neliömassaltaan suhteellisen suurta aluetta, joilla on keskenään erilaiset tiheydet, ja kukin mainittu neliömassaltaan suuri alue käsittää suurin piirtein jatkuvan verkoston, ja että edullisesti mainittu selluloosakuiturakenne käsittää vähintään viisi aluetta, jolloin mainittu ensimmäinen alue (24), jolla on suhteellisen suuri neliömassa, käsittää kaksi neliömassaltaan suhteellisen suurta aluetta, joilla on keskenään erilaiset tiheydet, ja mainittu kolmas alue (26), jolla on keskinkertainen neliömassa, käsittää kaksi neliömassaltaan keskinkertaista aluetta, joilla on keskenään erilaiset tiheydet, ja että edullisemmin mainittu selluloosakuiturakenne (20) käsittää vähintään kuusi aluetta, jolloin mainittu ensimmäinen alue (24), jolla on suhteellisen suuri neliömassa, käsittää

kaksi neliömassaltaan suhteellisen suurta aluetta, joilla on keskenään erilaiset tiheydet, mainittu kolmas alue (26), jolla on keskinkertainen neliömassa, käsittää kaksi neliömassaltaan keskinkertaista aluetta, joilla on keskenään erilaiset tiheydet, ja mainittu toinen alue (28), jolla on pieni neliömassa, käsittää kaksi neliömassaltaan pientä aluetta, joilla on keskenään erilaiset tiheydet.

3. Patenttivaatimusten 1 ja 2 mukainen selluloosakuiturakenne (20), t u n n e t t u siitä, että mainittu toinen alue (28) on kolmannen alueen (26) rajanaapurina, ja että edullisesti mainittu toinen alue (28) on mainittua kolmatta (26) aluetta suurin piirtein ympäröivä.

4. Minkä tahansa edeltävän patenttivaatimuksen mukainen selluloosakuiturakenne (20), t u n n e t t u siitä, että mainitun toisen alueen (28) mainitut kuidut ovat suurin piirtein säteittäisesti orientuneina.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen yksikerroksinen selluloosakuiturakenne, t u n n e t t u siitä, että

ensimmäinen alue (24) muodostaa suurin piirtein jatkuvan, kuormitusta kantavan verkostoalueen;

toisella erillisellä alueella (28) on vähemmän kuituja pinta-alaykikköä kohden kuin mainitulla ensimmäisellä alueella; ja

kolmas alue (26) yhdistää mainitun ensimmäisen verkostoalueen (24) mainittuun toiseen erilliseen alueeseen (28).

6. Menetelmä yksikerroksisen selluloosakuiturakenteen (20) valmistamiseksi, joka käsittää seuraavat vaiheet:

hankitaan joukko nestekantajaan suspendoituja selluloosakuituja;

hankitaan kuituja pidättävä muodostuselementti (42), jossa on juoksevia aineita läpäiseviä vyöhykkeitä (63, 65):

hankitaan väline (44) mainittujen kuitujen ja mainitun kantajan kerrostamiseksi mainitulle muodostuselementille (42);

kerrostetaan mainitut kuidut ja mainittu kantaja mainitulle muodostuselementille (42); t u n n e t t u siitä, että

suotautetaan mainittu kantaja mainitun muodostuselementin (42) läpi kahdella tasolla, korkealla virtausnopeustasolla ja alhaisella virtausnopeustasolla, jolla mainitulla korkealla virtausnopeustasolla ja mainitulla alhaisella virtausnopeustasolla alkumassavirtausnopeudet ovat keskenään erilaiset, edullisesti siten, että mainitun suotautusvaiheen mainittu toinen taso ilmenee mainittujen valikoimattomien vyöhykkeiden tukkeutuessa mainituilla selluloosakuiduilla.

7. Laitteisto sellaisen selluloosakuiturakenteen (20) muodostamiseksi, jolla on vähintään kolme, eisattumanvaraisen toistuvan kuvion mukaisesti sijoitettua keskenään erilaista neliömassaa (24, 26, 28), joka mainittu laitteisto käsittää

nestettä läpäisevän, kuituja pidättävän muodostuselementin (42), jossa on vyöhykkeitä (63, 65), joiden kautta selluloosakuitujen kantajana oleva juokseva aine pääsee suotautumaan; t u n n e t t u siitä, että laitteisto käsittää

välineen, joka käsittää korkealla virtausnopeudella ja alhaisella virtausnopeudella nesteen läpäisevät vyöhykkeet, mainitun muodostuselementin (42) ennalta määrättyjen vyöhykkeiden (63, 65) tukkimiseksi mainituilla selluloosakuiduilla, suotauttamalla nestekantajaa mainitun muodostuselementin läpi, niin että muodostuu tasoja, jolloin ensimmäinen taso käsittää mainitun kantajan suotautumisen mainitun elementin läpi kynnysnopeudella jonkin ajanjakson verran, ja mainittua nestekantajaa suotautetaan samanaikaisesti mainitun muodostuselementin läpi

toisella tasolla, jolla virtausnopeus on mainittua kynnysvirtausnopeutta pienempi, lyhyemmän ajanjakson verran.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että mainittu väline selektiivisen tukkeutumisen aikaansaamiseksi käsittää hydrauliselta säteeltään erilaisia vyöhykkeitä, joiden läpi mainittujen selluloosakuitujen kantajana toimiva mainittu juokseva aine pääsee suotautumaan.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että mainittu väline selektiivisen tukkeutumisen aikaansaamiseksi käsittää huokoisen, juoksevia aineita läpäisevän lujittavan rakenteen (57) ja ulkonemista koostuvan kuviomuodostelman (59), joka on kiinnitetty siihen kunkin ulkoneman lähemmästä päästä ja suuntautuu ulospäin kunkin ulkoneman vapaaseen päähän (53b) asti, joukolla mainittuja ulkonemia on kussakin ulkonemassa vähintään yksi sen läpi kulkeva juoksevia aineita läpäisevä aukko (63), niin että mainitun lujittavan rakenteen ne osat, jotka ovat kohdakkain mainittujen aukkojen kanssa, ovat virtausyhteydessä mainittujen ulkonemien mainittujen vapaiden päiden kanssa (53b), ja kutakin mainittua ulkonemaa ympäröi nestettä läpäisevä rengas (65), mainitun ulkoneman läpi kulkevan mainitun aukon (63) hydraulisen säteen ollessa edullisesti pienempi kuin mainitun ulkoneman ja sen vieressä olevien ulkonemien välisen renkaan (65) hydraulinen säde.

10. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että mainittu väline tukkeutumisen aikaansaamiseksi käsittää huokoisen, juoksevia aineita läpäisevän lujittavan rakenteen (57) ja ulkonemista koostuvan kuviomuodostelman (59), joka on kiinnitetty siihen kunkin ulkoneman lähemmästä päästä ja suuntautuu ulospäin kunkin ulkoneman vapaaseen päähän asti (53b) ja joka mainittu kuviomuodostelma on järjestetty siten, että ensimmäiset ulkonemat ovat lujittavan rakenteen tason suuntaisesti mitattuna ensimmäisellä etäisyydellä viereisestä

toisesta ulkonemasta ja mainittu ensimmäinen ulkonema on lujittavan rakenteen tason suuntaisesti mitattuna toisella etäisyydellä viereisistä kolmansista ulkonemista, jolloin mainittu ensimmäinen etäisyys ja mainittu toinen etäisyys eivät ole keskenään yhtä suuria ja kutakin mainittua ulkonemaa ympäröi nestettä läpäisevä rengas, ja että edullisesti mainittujen ensimmäisten ulkonemien ja toisten ulkonemien välisen renkaan (65') mainittu hydraulinen säde on pienempi kuin mainittujen ensimmäisten ulkonemien ja kolmansien ulkonemien välisen renkaan (65") hydraulinen säde.

Patentkrav

1. Enkelskiktig cellulosafiberstruktur (20), vilken omfattar åtminstone tre regioner som placerats i ett icke-slumpartat, återkommande mönster, vari

en första region (24) av relativt hög basisvikt omfattar ett väsentligen kontinuerligt nätverk;

en andra region (28) av relativt låg eller noll-basisvikt jämförd med den första regionen (24) ligger omgivet av och invid den första regionen (24), k ä n n e t e c k n a d därav, att strukturen innefattar

en tredje region (26) av en mellanliggande basisvikt i förhållande till basisvikten en den första (24) och den andra regionen (28), varvid den tredje regionen (26) ligger omedelbart intill den andra regionen (28).

2. Cellulosafiberstruktur (20) enligt patentkrav 1, och omfattande åtminstone fyra regioner, k ä n n e t e c k n a d därav, att den första regionen (24) med relativt hög basisvikt omfattar två regioner med relativt hög basisvikt, vilka har inbördes olika tätheter, varvid vardera regionen med hög basisvikt omfattar ett väsentligen kontinuerligt nätverk och att cellulosafiberstrukturen företrädesvis omfattar åtminstone fem regioner, vari den första regionen (24) med relativt hög basisvikt omfattar två regioner med relativt hög basisvikt, vilka har inbördes olika tätheter och den tredje regionen (26) med mellanliggande basisvikt omfattar två regioner med mellanliggande basisvikt, vilka har inbördes olika tätheter, och att cellulosafiberstrukturen (20) allra helst omfattar åtminstone sex regioner, vari den första regionen (24) av relativt hög basisvikt omfattar åtminstone två regioner med relativt hög basisvikt, vilka har inbördes olika tätheter och den tredje regionen (26) av mellanliggande basisvikt omfattar två regioner med mellanliggande basisvikt, vilka har inbördes olika tätheter, och den andra

regionen (28) av låg basisvikt omfattar två regioner med låg basisvikt, vilka har inbördes olika tätheter.

3. Cellulosafiberstruktur (20) enligt patentkraven 1 och 2, k ä n n e t e c k n a d därav, att den andra regionen (28) är väsentligen angränsande till den tredje regionen (26) och att den företrädes omger den tredje regionen (26) väsentligen.

4. Cellulosafiberstruktur (20) enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a d därav, att fibrerna i den andra regionen (28) är väsentligen radiellt orienterade.

5. Cellulosafiberstruktur enligt patentkrav 1, k ä n n et e c k n a d därav, att

den första regionen (24) formar ett väsentligen kontinuerligt lastbärande nätverk;

den andra enskilda regionen (26) har färre fibrer per enhetsarea än den första regionen; och

den tredje regionen (26) radiellt överbryggar den första nätverksregionen (24) fram till den andra enskilda regionen (28).

6. Förfarande för framställning av en enkelskiktig cellulosafiberstruktur (20), vilket förfarande omfattar steg, vid vilka man

tillhandahåller en mångfald cellulosafibrer som suspenderats i en flytande bärare;

tillhandahåller ett retentivt fiberformande element (42) med för vätska genomträngliga zoner (63, 65);

tillhandahåller ett medel (44) för avsättning av fibrerna och bäraren på formningselementet (42);

avsätter fibrerna och bäraren på formningselementet (42); k ä n n e t e c k n a t därav, att man urvattnar bäraren genom formingselementet (42) i två steg: ett strömningssteg med hög hastighet och ett strömningssteg med låg hastighet, varvid strömningssteget med hög hastighet och strömningssteget med låg hastighet har

inbördes olik, ursprunglig massaströmningshastighet, och att det andra steget vid urvattningen sker genom tätande av de icke valda zonerna med cellulosafibrerna.

7. Apparat för bildande av en cellulosafiberstruktur (20), vilken har åtminstone tre regioner (24, 26, 28) med inbördes olika basisvikter och placerade i ett icke-slumpartat, återkommande mönster, varvid apparaten omfattar:

ett för vätska genomträngligt, fiberretentivt formningselement (42) med zoner (63, 65), genom vilka en vätska som bär cellulosafibrerna kan urvattnas; k ä n n e t e c k n a t därav, att apparaten omfattar ett medel för tätning av i förväg bestämda zoner (63, 65) av formningselementet (42) med cellulosafibrer genom urvattning av en flytande bärare i sekvens genom formningselementet i steg, varvid det första steget omfattar infiltration av bäraren genom elementet med en tröskelhastighet under en viss tidsperiod och att den flytande bäraren samtidigt får avrinna i ett andra steg genom formningselementet med en strömningshastighet som är lägre än tröskelhastigheten, under en kortare tidsperiod.

8. Apparat enligt patentkrav 7, k ä n n e t e c k n a d därav, att det selektivt tätande medlet omfattar zoner med olika hydrauliska radier, genom vilka vätskan som bär cellulosafibrerna, kan avrinna.

9. Apparat enligt patentkrav 8, k ä n n e t e c k n a d därav, att de selektivt tätande medlen omfattar en foraminös, för vätska genomtränglig förstärkningsstruktur (57) och en i ett mönster (59) placerad grupp av upphöjningar, vilka förenats med denna vid en närliggande ände av varje upphöjning och vilka sträcker sig utåt till en fri ände (53b) av varje upphöjning, varvid ett flertal upphöjningar har åtminstone ett för vätska genomträngligt hål (63) så, att de partier av förstärkningsstrukturen som ligger i linje med hålen, står

i vätskeförbindelse med de fria ändarna (53b) hos upphöjningarna och varje upphöjning omges av en för vätska genomtränglig ring (65), och att den hydrauliska radien hos hålet genom upphöjningen är företrädesvis mindre än den hydrauliska radien hos ringen (65) mellan upphöjningen och de närliggande upphöjningarna.

10. Apparat enligt patentkrav 8, k ä n n e t e c k n a d därav, att de selektivt tätande medlen omfattar en foraminös, för vätska genomtränglig förstärkningsstruktur (57) och en i ett mönster (59) placerad grupp av upphöjningar, vilka förenats med denna vid en närliggande ände av varje upphöjning och vilka sträcker sig utåt till en fri ände (53b) av varje upphöjning, varvid den i mönster liggande gruppen anordnats med första upphöjningar, vilka mätt i planet parallellt med förstärkningsstrukturen ligger på ett första avstånd från en närliggande andra upphöjning och den nämnda första upphöjningen mätt i planet parallellt med förstärkningsstrukturen ligger på ett andra avstånd från en närliggande tredje upphöjning, varvid det första avståndet och det andra avståndet ej är lika med varandra och nämnda upphöjning omges av en för vätska genomtränglig ring, och att den hydrauliska radien hos ringen (65') mellan de första upphöjningarna och de andra upphöjningarna är mindre än den hydrauliska radien hos ringen mellan de första upphöjningarna och de tredje upphöjningarna (65").

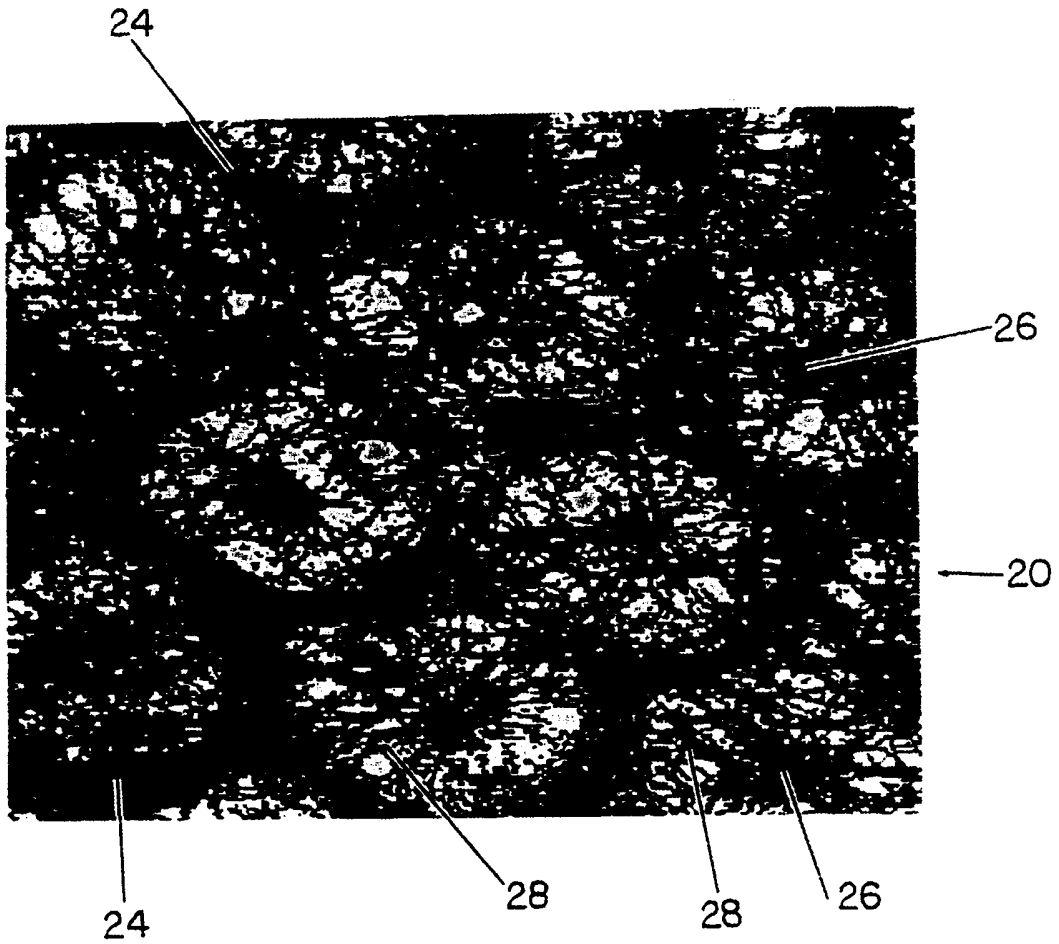

24
26
20
24
28
28
26

Fig. 1

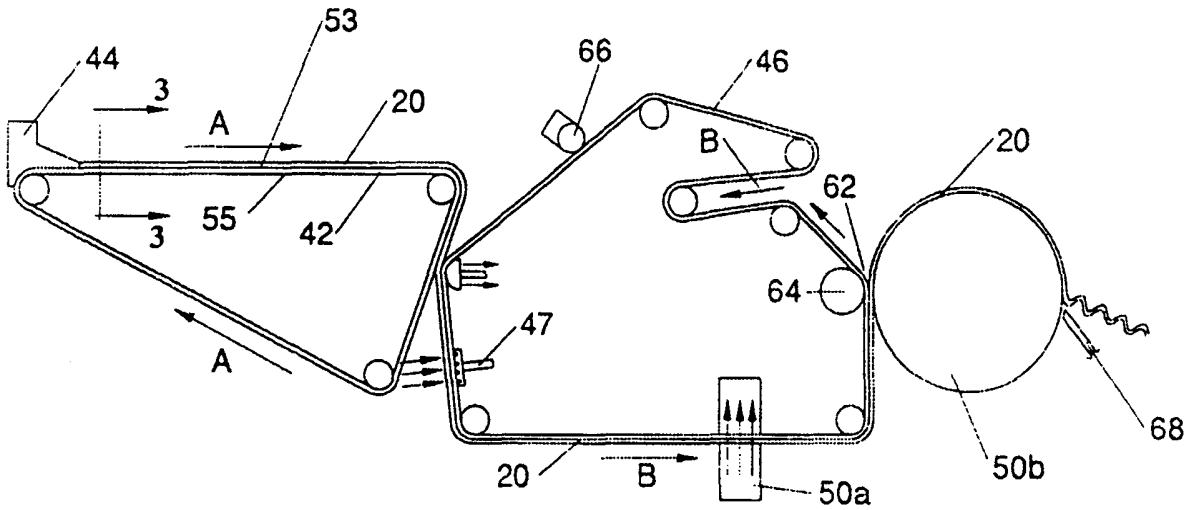

53
44
66
46
3
A
20
B
20
62
55
42
3
64
47
A
68
20
B
50a
50b

Fig. 2

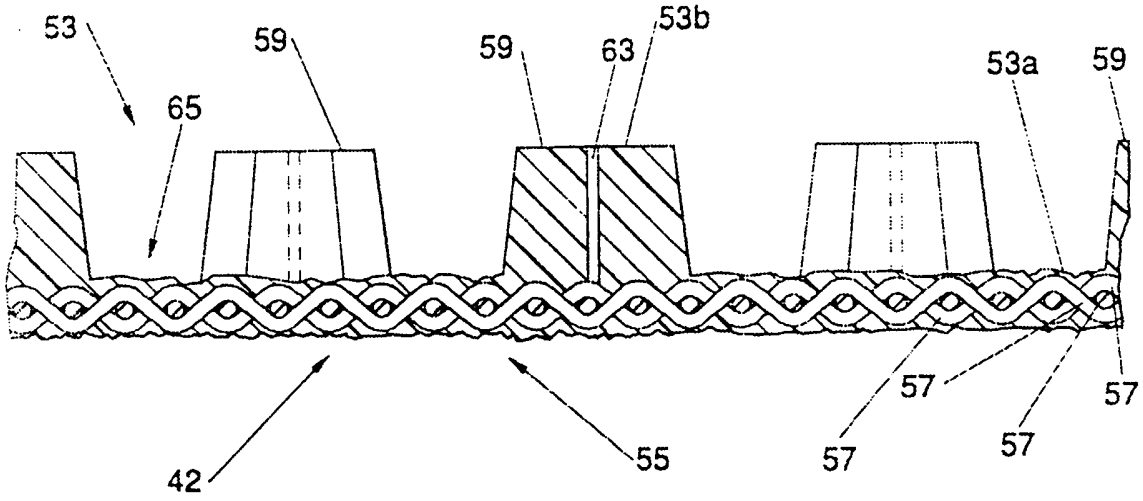

53
65
59
59
63
53b
53a
59
42
55
57
57
57
57

Fig. 3

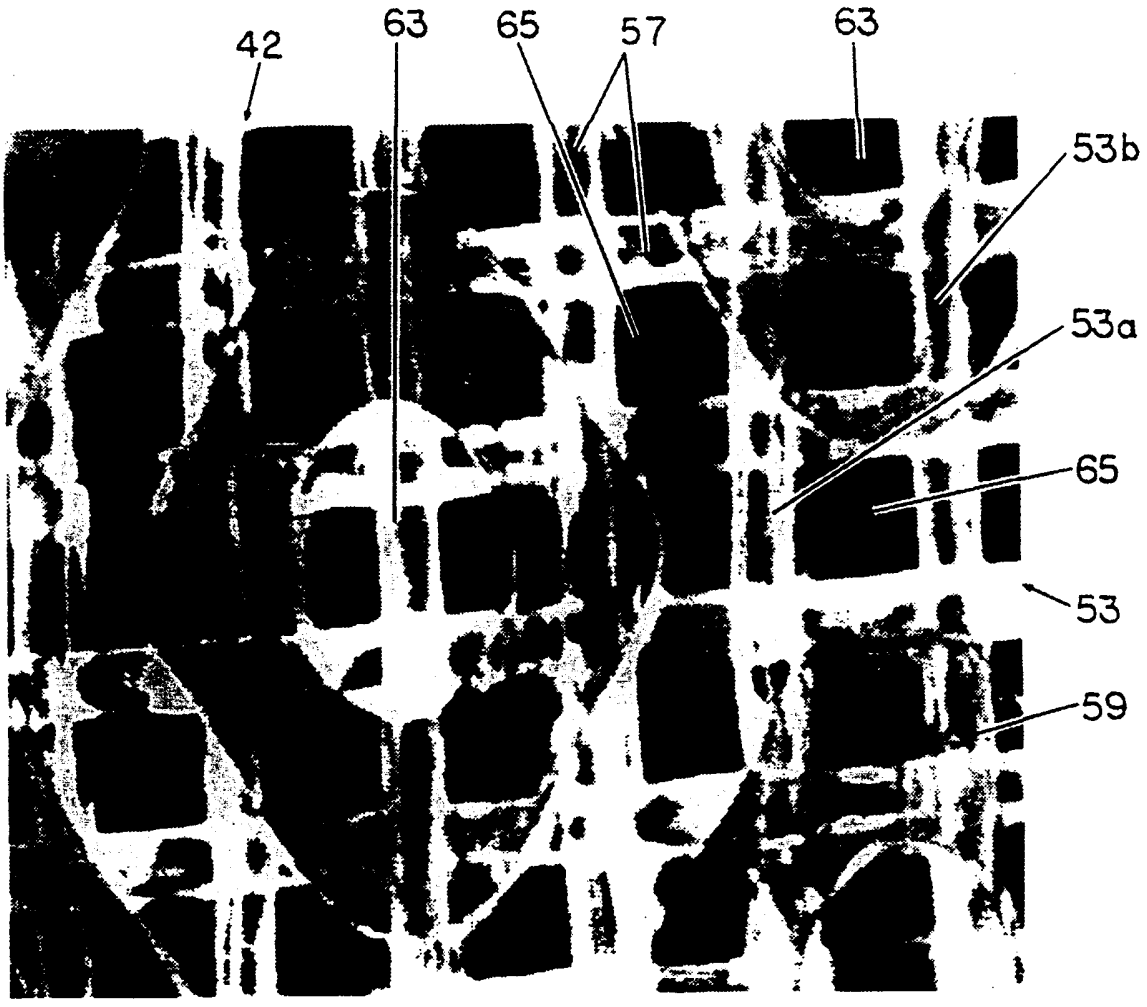

42
63
65
57
63
53b
53a
65
53
59

Fig. 4

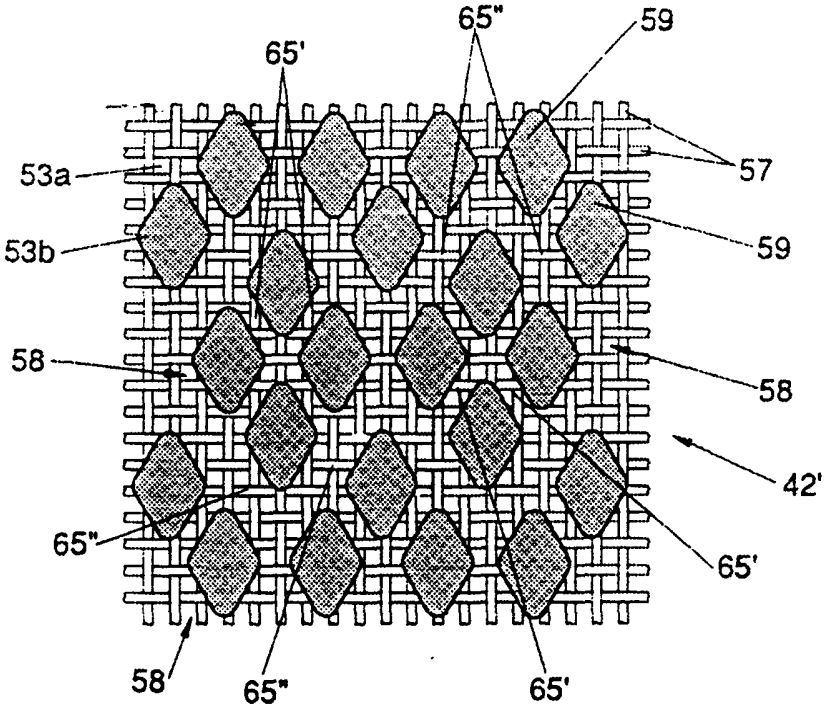

65"
59
65'
57
53a
59
53b
58
58
42'
65"
65'
58
65"
65'

Fig. 5

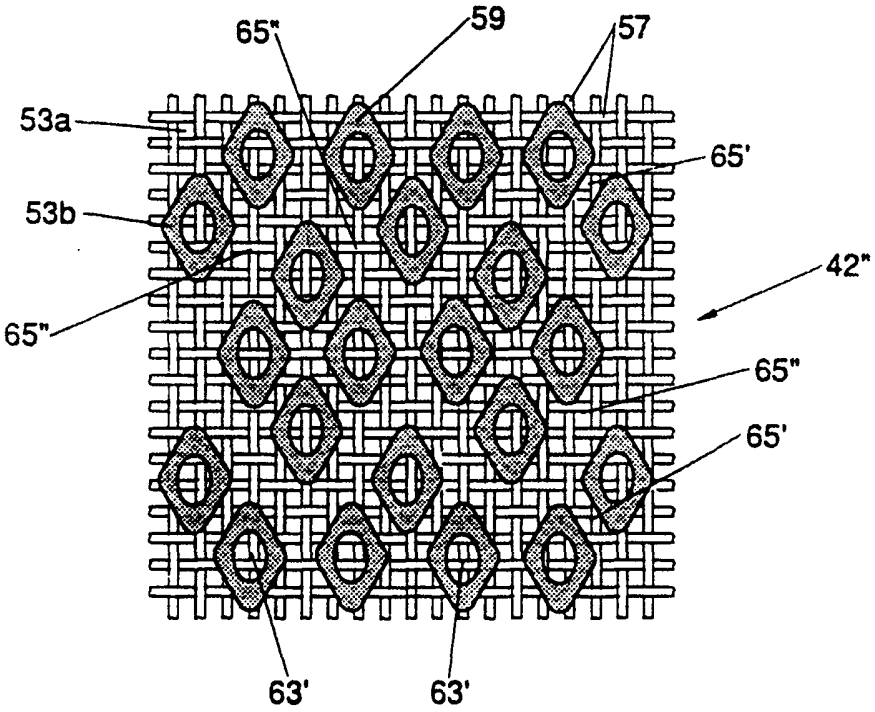

65"
59
57
53a
65'
53b
42"
65"
65"
65'
63'
63'

Fig. 6