



SUOMI—FINLAND

(FI)

**Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen**

**[B] (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLÄGKNINGSSKRIFT 57807**

**C (45) Patentti myönnetty 10 10 1980
Patent meddelat**

(51) Kv.kl.³/Int.Cl.³ E 01 C 7/22

(21) Patentihakemus — Patentansökan	127/71
(22) Hakemispäivä — Ansökningsdag	19.01.71
(23) Aikupäivä — Giltighetsdag	19.01.71
(41) Tullut julkiseksi — Blivit offentlig	21.07.71
(44) Nähtävölkäpanon ja kuul.julkaisun pvm. — Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	30.06.80
(32)(33)(31) Pyydetty etuoikeus — Begärd prioritet	20.01.70

Australia-Australien(AU) 121/70

- (71) Mobil Oil Corporation, 150 East 42nd Street, New York, N.Y. 10017, USA(US)
- (72) Aubrey Rex Clarke, Brighton South, Victoria, Colin Leslie Martin, Lower Templestowe, Victoria, Robert Henry Bowering, Mount Waverley, Victoria, Australia-Australien(AU)
- (74) Berggren Oy Ab
- (54) Menetelmä vaahdotetun aineen valmistamiseksi - Förfarande för framställning av skummat material

Keksintö koskee vaahtoaineen valmistusmenetelmää. Keksintö sopii erityisesti vaahtoaineiden valmistukseen betonin täyteaineksen tai muun kiinteän hiukkasaineen päällystämiseksi ja/tai sitomiseksi, ja keksintö sopiikin seuraavassa selittää täyteaineksen bitumisideaineiden yhteydessä, mutta selvää on, että keksinnöllä on muitakin sovellutusmahdollisuuksia. Keksinnön mukaan valmistettua vaahtoa voidaan kerrostaa esimerkiksi paperille, kartongille (aaltokartongille tai muulle), tai muulle verraten suurialaiselle pinnalle päällysteen muodostamiseksi tälle pinnalle. Lisäksi keksinnön periaatteita voidaan soveltaa lämpöplastisten orgaanisten aineiden kuten kuumasulatteiden, hartsien ja vahojen ym. bitumiryhmään kuulumattomien aineiden vaahdottamiseen. Näille aineille on ominaista verraten suuri viskositeetti sulatettuina, mikä aiheuttaa niiden käytössä vaikeuksia joita voidaan helpottaa tai voittaa muuttamalla ne vaahdotettuun tilaan tämän keksinnön mukaan.

Vaahdotettuja bitumisideaineita on aikaisemmin käytetty betonin täyteaineksen päällystämiseen maaperän stabiloimista varten tienrakennustöissä, ja tällainen päällystäminen voidaan suorittaa joko tehtaalla sekoittamalla tai paikan päällä. Pelkkää bitumia on varsin

vaikeata sekoittaa kiinteään hiukkasaineeseen paitsi varsin erikoisissa olosuhteissa, mistä seuraa että mitä voimaperäisemmin viskositeettia muutetaan vaahdottamalla, sitä helpommin sitä voidaan sekoittaa kiinteisiin hiukkasaineisiin.

Esimerkiksi US patentissa 2 917 395 on ehdotettu vaahdotumisi-
sideaineen muodostamista ruiskuttamalla höyryä ylipaineessa bitumia sisältävään sekoituskammioon, jolloin saadaan syntymään vahto antamalla höyry-bitumiseoksen purkautua ulos suuttimen läpi. Tämän tunnetun menetelmän kaupallista arvoa on vähentänyt se, että näin valmistettu vahto on ollut laadultaan huonoa ja epätasaista. Vaahdotettu bitumi sopii hyvin betonin täyteaineksen päällystykseseen ja sidontaan, kylmänä ja kosteanakin, jos se on paisutettu tilavuuteen, joka on 10-, yleensä 15-20-, ja jopa 50-kertainen tai suurempikin sen bitumin tilavuuteen verrattuna josta se on muodostettu. Mitä vähemmän vahto on paisutettuna, sitä huonommin se sekoittuu täyteainekseen. Ennestään tunnetulla höyryvaahdotusmenetelmällä päästään tavallisesti vain niin alhaiseen vaahdon ja bitumin väliseen suhteeseen kuin 2:1, ja käytännössä ei ole todennäköistä, että tällä menetelmällä päästään suurempaan suhteeseen kuin 4:1.

Käytännöllisistä syistä on äärimmäisen vaikeata ellei mahdotonta sekoittaa höyryä bitumiin tai muuhun verraten viskoosiseen aineeseen sellaisessa tilavuussuhteessa että voidaan päästä yllämainittuun, toivottavaan paisutusasteeseen. Esimerkiksi jotta vaahdon ja bitumin tilavuussuhteeksi saataisiin 17:1, 138^oC tyypillisessä työlämpötilassa, tarvittaisiin neljä tilavuusyksikköä höyryä kutakin bitumitilavuusyksikköä kohti sekoituspaineen ollessa 4 ata, ja tällaisen höyrymäärän sisällyttäminen bitumiin on tuskin mahdollista sinä aikana mikä yleensä on käytettävissä, ja sellaisella kalustolla mitä ennestään tunnetussa tekniikassa käytetään.

Toinen höyryvaahdotusmenetelmän varjopuoli on se, että sitä varten on käytettävissä oltava höyryn kehitykseen sopivaa vettä. Lisäksi on varjopuolena vielä se, että tuottaa vaikeuksia hallita vaahdotustoimitusta siten, että haluttu vaahdon ja bitumin tilavuussuhde voidaan valita.

Keksinnön päätarkoituksena on saada aikaan vaahdotettujen aineiden, etenkin vaahdotettujen sideaineiden kuten bitumin valmistusmenetelmä, jolla pystytään valmistamaan vahtoa, jonka tilavuus on suhteellisen suuri verrattuna sen aineen tilavuuteen josta vahto valmistetaan.

Edelleen keksinnön tarkoituksena on saada aikaan menetelmä, jolla voidaan valmistaa vaahtoa, joka on helppo sekoittaa kiinteään hiukkasaineeseen tämän kylmänä ja kosteanakin ollessa. Keksinnön tarkoituksena on myös saada aikaan vaahdon valmistusmenetelmä, jossa vaahdon ja perusaineen tilavuussuhde on verraten tarkasti säädeltyvissä.

Keksinnön mukainen menetelmä käsittää sen, että dispergoidaan haihtuvaa nestettä olevaa vaahdotusainetta perusaineeseen kohotetussa paineessa, jolla perusaineella on riittävän korkea lämpötila nesteen haihduttamiseksi täydellisesti ilmakehän paineessa, ja sen jälkeen alennetaan paine vaahdon muodostamiseksi, ja keksintö on tunnettu siitä, että bitumiainetta olevaan perusaineeseen lisätään haihtuvana nesteenä vettä, jolloin painosuhde vesi:asfaltti on 1:5 - 1:150. Tällä menetelmällä pystytään kehittämään suuresti paisunutta vaahtoa jatkuvana prosessina, ja voidaan muuttaa suuri määrä perusainetta vaahdoksi suurella nopeudella, hallittuna, nopeakulkuisena virtana. Tämä voidaan saada aikaan verraten halvoilla vaahdotusaineilla ja vaahdotuskalustolla, ja menetelmää voidaan soveltaa aineisiin, jotka luontaisesti ovat vaikeita vaahdottaa. Menetelmää voidaan käyttää myös verraten korkeissa lämpötiloissa, ja koska vaahtoutuminen aiheutuu nestemäisen aineen höyrystymisestä eikä kemiallisesta reaktiosta kuten monissa ennestään tunnetuissa vaahdotusmenetelmissä, haitallisten kemikalioiden käyttö voidaan välttää.

Bitumi on erityisen vaikeasti vaahtoutuva aine, ja siitä huolimatta tämän keksinnön mukaisella menetelmällä pystytään valmistamaan suuresti paisutettua vaahtobitumia, vettä vaahdotusaineena käyttäen.

Keksinnön pääasiallisena sovellutusalueena on viskoosien nestemäisten aineiden vaahdotus, jotka aineet voidaan yleisesti määrittellä nesteiksi, joiden viskositeetti on 10 cp tai yli, purkautumislämpötilassa, mitattuna Brookfield-viskometrillä, käyttäen hämmennintä No 1 ja kierroslukua 20 kierr/min. On kuitenkin mahdollista, että joissakin olosuhteissa keksintöä voidaan tyydyttävästi ja edullisesti soveltaa nesteisiin, jotka jäävät tämän yleisen määritelmän ulkopuolelle.

Seuraavassa selityksessä käsitellään yksityiskohtaisemmin keksinnön mainittuja olennaisia ja eräitä sen muita valinnaisia piirteitä. Keksinnön ymmärtämisen helpottamiseksi viitataan oheiseen piirustukseen, jossa nämä piirteet on esitetty ensisijaisessa muodossaan. On kuitenkin huomattava, että keksinnön olennaiset ja valinnaiset tunnusmerkit eivät rajoitu piirustuksessa esitettyihin muotoihinsa. Piirustuksessa:

Kuvio 1 on puolikaaviollinen kuvanto keksinnön mukaisessa menetelmässä käytettäväksi sopivasta suuttimesta.

Kuvio 2 esittää muunnosta kuvion 1 mukaisesta suuttimesta.

Kuvio 3 on kaaviollinen kuvanto keksinnön mukaisessa menetelmässä käytettäväksi sopivasta suuttimesta, jossa ei käytetä paineenalaista dispergoimisainetta.

Kuvio 4 on leikkauskuvanto kuvion 3 viivaa IV-IV myöten.

Kuvio 5 on kaaviollinen kuvanto osasta järjestelmää, johon kuuluu kuvion 3 mukainen suutin.

Kuvio 6 on puolikaaviollinen kuvanto vielä eräästä kuvion 5 mukaisessa järjestelmässä käytettäväksi sopivasta suuttimesta.

Kuvio 7 on kaaviollinen kuvanto kuvion 3 tai kuvion 6 mukaisen suuttimen yhteydessä käytettäväksi sopivasta esisekoituslaitteesta.

Kuvio 8 on kaaviollinen kuvanto vaihtoehtoisesta esisekoituslaitteesta.

Kuvio 9 on kaaviollinen kuvanto vielä eräästä toisenlaisesta esisekoituslaitteesta.

Kuvio 10 on kaaviollinen kuvanto osasta virtauspiiriä, johon sisältyy jonkin kuvioista 7-9 mukainen esisekoituslaite ja joko kuvion 3 tai kuvion 6 mukainen suutin.

Kuvio 11 on kaaviollinen kuvanto virtauspiiriesimerkistä, jonka osana kuvio 10 voi olla.

Kuvio 12 on kaaviollinen kuvanto sovituksesta, jossa käytetään suihkuputkea, ja

kuvio 13 on kaaviollinen kuvanto vielä eräästä esisekoituslaitteesta, johon sisältyy liikkuva elin.

Keksinnön mukainen menetelmä voi esiintyä useissa eri muodoissa, mutta on todettu, että parhaat tulokset saavutetaan kun siihen kuuluu seuraavat vaiheet:

1. Haihtuvaa nestettä ruiskutetaan jatkuvasti nestemäisen, vaahdotettavan perusaineen virtaan, johon haihtuva neste on olennaisesti liukenematonta, jolloin tämän nesteen määrä on ainakin yhtä suuri kuin se teoreettinen määrä, jolla vaahdotettaessa saadaan aikaan haluttu suuruinen paisuminen. Nesteen ruiskuttaminen on jatkuvaa siinä

mielessä, että se jatkuu vaahdotuksen koko kestoajan, riippumatta siitä kuinka pitkä tämä on.

2. Vaahdotettavaan aineeseen siirretään ennen sen purkautumista vaahdonvalmistusjärjestelmästä riittävästi lämpöä sen lämpötilan korottamiseksi sellaiseen arvoon, joka pystyy antamaan riittävästi lämpöä niin suuren määrän haihtuvaa ainetta höyrystämiseksi, että saadaan syntymään se määrä höyryä, joka on tarpeen halutun suuruisen paisumisen aikaansaamiseksi vaahdotettaessa, ottaen huomioon käytetyn laitteen purkaussuuttimen ulkopuolella vallitseva paine (tavallisesti ilmakehän paine). Lämpötilan on mieluummin oltava niin korkea, että se myös tekee perusaineen juoksevaksi.

3. Liukenematonta haihtuvaa nestettä dispergoidaan vaahdotettavaan aineeseen säädetyssä dispersioasteessa, joka edustaa riittävästi hienojakoisuuttaan nopean ja olennaisesti täydellisen höyrystymisen varmistamiseksi aineiden poistuessa purkaussuuttimesta ja/tai välittömästi ennen sitä, mutta ei niin suurta hienojakoisuutta, että liian suuri määrä haihtuvaa nestettä ennenaikaisesti vapautuisi vapaana höyrynä vaahdonmuodostuslaitteen sisässä tai siitä purkautumisen jälkeen.

4. Vaahdotuslaitteen sisässä käytetään niin suurta painetta, että vaahdotettavan aineen virta tulee riittävän suureksi, että purkautuvan vaahdon virtausnopeus tulee riittävän suureksi ja sen virtausmuoto halutunlaiseksi, jota painetta lisäksi voidaan asetella haihtuvan nesteen höyrystymisen vähentämiseksi ennen purkautumista.

Edellä hahmoteltuun vaiheeseen 2 nähden huomattakoon, että lämmittäminen itse asiassa voi käsittää normaalisti kiinteän tai muovautuvan aineen lämmittämisen niin paljon, että se muuttuu nestemäiseen tilaan. Aine on tietysti pidettävä sopivalla lämpötila-alueella sen pysyttämiseksi nestemäisessä tilassa, ja tämä lämpötila-alue voi olla sellainen, että siitä riittää lämpöä haihtuvan aineen höyrystämiseen. Joka tapauksessa perusaineen lämpötilan on mieluummin oltava ainakin 17°C korkeampi kuin haihtuvan aineen kiehumapiste purkautumisvyöhykkeen paineessa. Maksimilämpötilaa rajoittavat useat tekijät, kuten perusaineen hajaantumislämpötila, niin että se voi vaihdella verraten laajalti, mutta 315°C voidaan pitää tyypillisenä maksimilämpötilana.

Keksinnön erään sovellutusesimerkin mukaan nestemäistä vettä sekoitetaan perusteellisesti kuumaan bitumiin ylipaineessa ja sen annetaan sitten purkautua alempaan paineeseen (tavallisesti ilmakehän paineeseen) ja edelleen sille aineelle tai niille aineille, jotka on tarkoitus käsitellä. Bitumin ja veden seoksen lämpösisältö sen pur-

kautuessa on sellainen, että se saa veden nopeasti höyrystymään, ja sekoituskammion ja purkautumisvyöhykkeen välinen paine-ero voidaan valita siten, että saadaan sopiva purkautumisnopeus.

Vesi on mieluiten dispergoitava hienojakoiseksi kuumaan bitumiin, koska hienojakoisuuden arvellaan olevan suhteellisen siihen nopeuteen millä höyrystyminen tapahtuu, ja sen johdosta myös siihen nopeuteen millä vaahtoa syntyy bitumin ja veden seoksen tullessa ulos sekoituskammioista. Aikaisemmin mainitusta syystä hienojakoisuus ei kuitenkaan saa olla liian suuri. On todettu, että kutakin vaahtonkehitysjärjestelmää ja toimintaolosuhteiden (nimenomaan viipymisajan, lämpötilan ja paineen) yhdistelmää varten on olemassa optimi hienojakoisuusaste joka antaa parhaat tulokset.

Yleensä on parasta kerrosta vaahtotettu bitumi päällystettävälle täyteainekselle heti kun se on vaahtotettu, ja tämä vaatimus voidaan tyydyttää keksinnön mukaisella menetelmällä käyttämällä niin suurta veden hienojakoisuutta että vaahtonmuodostus tapahtuu olennaisesti silmänräpäyksessä kun seos purkautuu ulos sekoituskammioista. Toisaalta on todettu, että kun veden hienojakoisuus tulee liian suureksi järjestelmään ja toimintaolosuhteisiin nähden, esiintyy olennaisesti tai täydellistä höyryn paisuntaa, ja tämän arvellaan johtuvan veden ennen aikaisesta höyrystymisestä vaahtonmuodostuslaitteessa tai purkauskohdassa. Joka tapauksessa tuloksena tavallisesti on, että vaahtoa muodostuu hyvin vähän tai ei lainkaan.

Bitumiin voidaan yhdessä veden kanssa lisätä jotakin agenssia veden kunnollisen sekoittumisen ja/tai jakautumisen bitumiin helpottamiseksi. Näitä agensseja nimitetään seuraavassa dispersioagensseiksi, ja erään sovellutusmuodon mukaan tällaisena agenssina on paineenalainen kaasua tai höyry. Mahdollisia dispersioagensseja ovat esim. paineenalainen höyry, ilma, typpi ja savukaasu, ja sopivaa dispersioagenssia valittaessa voidaan ottaa huomioon sellaisia tekijöitä kuin niiden syövyttävyyden ja myrkyllisyyden. Dispersioagenssi voi myös olla kuumaa tai kylmää sen koostumuksesta ja niistä olosuhteista riippuen, joissa prosessi suoritetaan.

Dispersioagenssin päätehtävänä on yleensä hajottaa vesi sopivan kokoisiksi pieniksi pisaroiksi ja hajottaa nämä pisarat bitumiin. Tämän lisäksi dispersioagenssi kuitenkin tavallisesti tarjoaa mahdollisuuden liikesuunnan hallintaan ja antaa muodostuneelle vaahtolle tietyn liikemäärän, siten helpottaen sen levittämistä päällystettävälle pinnalle tai esineelle.

Siinä tapauksessa, että dispergoimisagenssina käytetään höyryä, on todettu, että johtamalla bitumiin olennaisesti yhtä suuret painomäärät höyryä ja vettä saadaan tyydyttävät tulokset. Käyttökelpoinen vaahto on saatu veden ja bitumin painosuhteilla 1:5-1:150, ja todennäköistä on, että käyttökelpoisia vaahtoja voidaan saada myös tämän vaihtelualueen ulkopuolisilla painosuhteilla. Painosuhteella 1:100 on vaahton ja bitumin tilavuussuhteiksi saatu 16:1, mikä on erityisen sopiva betonin täyteaineksen sideaineita varten. Vaahton kulloinenkin käyttötarkoitus ja vaahton ainesosat ovat tekijöitä, jotka on otettava huomioon valittaessa sopivaa haihtuvan nesteen ja perusaineen välistä suhdetta, ja tämä suhde voi vaihdella alueella 1:1-1:2000.

Tätä menetelmää suoritettaessa tarpeellinen vesi voidaan valmistaa lauhduttimella tai sentapaisella laitteella, joka on sijoitettuna höyryjohtoon, niin että sopiva tilavuusmäärä vettä jatkuvasti erotetaan perushöyryvirrasta. Vesi ja höyry otetaan kuitenkin mieluummin toisistaan riippumattomista lähteistä.

Painedispersioagenssimenetelmässä voidaan käyttää kuvion 1 mukaista sekoitussuutinta, joka on samanlainen kuin ennestään tunnetussa bitumin höyryvaahtotusprosessissa käytetyt suuttimet, jolloin sekä höyry että vesi sopivasti johdetaan yhteisen kanavan läpi, joka toimii höyrykanavana ennestään tunnetussa menetelmässä. Tällaisessa suuttimessa on sekoituskammio 2, jossa bitumivirta 3 ja vesivirta 4 kulkevat olennaisesti samaan suuntaan, konvergoiden ja sekoittuen purkaus-suutinaukon 5 kohdalla, ja näin syntynyt seos purkautuu suutinaukon 5 läpi muodostaen vaahtoa. Todennäköistä on, että veden lopullinen hajautuminen bitumin 3 sisään tapahtuu aukossa 5, niin että seoksen purkautuessa suuttimesta kehittyy sopiva vaahto. Tavallisesti sekoituskammion 2 päätypinta 6, jonka läpi aukko 5 johtaa, on olennaisesti katkaistun kartion muotoinen.

Mieluummin kuitenkin käytetään kuvion 2 mukaan modifioitua suutinta, jossa on sekoituskammio 7 sekä bitumikanava 8 ja vesikanava 9, jotka avautuvat kammioon toisiinsa nähden kohtisuorissa suunnissa. Dispersioagenssi tulee sekoituskammioon 7 mieluummin vesikanavaa 9 myöten, mutta voidaan haluttaessa johtaa sinne erillistä kanavaa myöten. Erään sovellutusmuodon mukaan sekoituskammio 7 on olennaisesti sylinterinmuotoinen ja sen vastakkaiset päätypinnat 11 ja 12 ovat olennaisesti katkaistun kartion muotoiset ja yleisesti samaan suuntaan suppenevat. Päätypinnan 11 läpäisee mieluummin akselin suunnassa purkausaukko 13, ja vesi/höyrykanava 9 tulee kammion 7 sisään toisen päätypinnan 12 läpi olennaisesti ojennuksessa purkausaukon 13 kanssa.

Bitumikanava 8 tulee kammioon 7 sen sivuseinän 14 läpi, niin että käytön aikana bitumivirta ja vesi/höyryvirta sekoittuvat lähellä purkausaukkoa 13 olevassa vyöhykkeessä. Aineet dispergoituvat sitten lopullisesti kulkiessaan purkausaukon läpi.

Edellä selitetyissä modifioitua tyyppiä olevissa suuttimissa ei ole vesi/höyrykanavan kanssa kosketuksessa olevaa verraten pitkää bitumikanavaa, joka kuvion 1 mukaisessa suuttimessa on, ja tämän johdosta tukkeutumisen vaara veden ja/tai dispersioagenssin ollessa kylmää on pienempi.

Keksinnön mukaisen vaihtoehtoisen vaahdonvalmistusmenetelmän mukaan vettä tai muuta vaahdotusainetta johdetaan yksinään bitumiin tai muuhun perusaineeseen. Haluttu dispersio voidaan suorittaa laitteella, jonka muoto ja/tai aukkosovitus on sellainen, että haluttu veden leikkautuminen ja sekoittuminen saadaan aikaan purkausaukkoon johtavassa kammiossa. Vesi on tietenkin syötettävä sopivalla johtopaineella.

Edellä mainitussa menetelmässä käytettäväksi sopivassa sekoituslaitteessa voidaan käyttää kuvioiden 3 ja 4 mukaista suutinta, jossa on olennaisesti sylinterinmuotoinen sekoituskammio 16, olennaisesti akselinsuuntainen purkausaukko 17 sekoituskammion toisen päädyn läpi, ja aineensyöttökanava, joka tulee sisään kammion 16 sivuseinän läpi olennaisesti tangentin suunnassa. Syöttökanava 18 tulee sisään mieluummin likimäärin kammion 16 akselinsuuntaisen pituuden keskiväliltä, ja kammion 16 päätyypinta, jonka läpi purkausaukko 17 johtaa, on katkaistun kartion muotoinen. Purkausaukon 17 läpimitta voi olla verraten suuri - esim. 0,63-1,26 cm, joskin tämän vaihtelualueen ulkopuolisetkin koot saattavat olla sopivia - ja tällaisen aukon etuna on se, että se pienentää tukkeutumisen vaaraa. Käytössä bitumi- ja vesivirrat johdetaan yhdessä syöttökanavaan 18, ja nämä aineet sekoittuvat perusteellisesti sekoituskammiossa 16 syöttökanavan 18 ja kammion 16 keskinäisen aseman ja juoksevien aineiden virtausnopeuksien sopivan säädön ansiosta.

Kuvio 5 esittää kaaviollisesti esimerkkiä järjestelmästä, johon kuuluu suutin 15. Bitumi syötetään suuttimeen 15 johtoa 20 myöten venttiiliin 21 kautta, jolla bitumivirta voidaan ohjata ohitusjohtoon 22. Vesi syötetään suuttimeen 15 johtoa 23 myöten annosteluventtiiliin 24 kautta. Annosteluventtiilillä 24 voidaan säätää veden syöttönopeus bitumivirtaan, ja ohitusventtiiliin 21 avulla voidaan haluttaessa kiertää takaisin osa bitumista, tai suuttimen 15 ollessa epäkunnossa koko bitumivirta.

Tyypillisessä kokeessa jossa käytettiin edellä selitettyä sovitusta, australialaisen standardin A 10-1967 Class R90 mukaista bitumia syötettiin virtausnopeudella 4,5-6,8 litraa minuutissa vesivirtaan, jonka virtausmäärä oli likimäärin 0,05-0,14 litraa minuutissa. Bitumin lämpötila pidettiin yleensä välillä 165-290°C, ja vesi oli huoneen lämpötilassa. Näin ollen veden ja bitumin määräsuhte oli olennaisesti välillä 1:50-1:100, ja näin saatiin kelvollista vaahtoa, jonka tilavuus oli likimäärin 18 kertaa sen muodostamiseen käytetyn bitumin tilavuus.

Eräässä toisessa sovituksessa menetelmän suorittamiseksi ilman paineenalaista dispergoimisagenssia sekoituslaitteen suutin 15 voi olla kuvion 6 mukainen, niin että siinä on pitkänomainen, olennaisesti sylinterinmuotoinen sekoituskammio 26, jonka päätyypinta 27 on katkaistun kartion muotoinen ja purkausaukko 28 on samanlainen kuin edellisen sovellutusmuodon yhteydessä on selitetty. Syöttökanava 29 yhdytty sekoituskammioon 26 mieluimmin akselin suuntaisena purkausaukkoa 28 vastapäätä olevasta päästä, ja sopivat ohjaussiivekkeet 31 on sijoitettu kammion 26 sisään antamaan syöttökanavasta 29 purkausaukkoon 28 kulkevalle aineelle kiertoliikkeen. Tällainen sovitus kehittää yleensä täyden kartion muotoisen suihkun.

Kokeessa, joka suoritettiin olennaisesti samoissa olosuhteissa kuin ensiksi selitetyn sovellutusmuodon yhteydessä on mainittu, edellä mainitulla laitteella todettiin saatavan vaahton ja bitumin väliseksi tilavuussuhteeksi likimäärin 20:1, ja vaahton tuotanto todettiin yleensä silmänräpäyksellisemmäksi kuin tämän menetelmän yhteydessä käytettäväksi ensiksi selitetyllä laitteella.

Vielä parempi säätö ja joustavuus veden tai muun haihtuvan nesteen käytössä voidaan saavuttaa kytkemällä kumman tahansa edellä selitetyn suuttimen 15 eteen esisekoituslaite jossa on kammio, joka sisältää kiinteitä tai liikkuvia elimiä, jotka suorittavat säädetyssä määrin esidispersiota ennen kuin bitumin ja veden seos joutuu suuttimeen. Itse asiassa eräät tällaiset esisekoituslaitteet pystyvät suorittamaan dispergoimistehtävän kokonaan, niin että muuta ei tarvita lisäksi kuin alkeellinen purkaussuutin tai -aukko. Nämä esisekoituslaitteet myös helpottavat vaahton "suihkuputkien" käyttöä, jotka yksinkertaisimmassa muodossaan koostuvat suorista, kaarevista tai riskin muotoon järjestetyistä putkiosista, joihin on tehty sopivin välein poistoreikiä ja joihin kuuma bitumi tai muu aine ynnä siihen dispergoitu vesi syötetään yhdestä tai useammasta esisekoituslaittees-

ta. Tällaisilla suihkuputkilla on erityinen arvo liikkuvien ainerainojen päällystämässä vaahdotetulla bitumilla tai kuumilla sulatteilla tai muilla aineilla, sellaisia tarkoituksia varten kuin pinnan viimeisteleminen, sideaineeksi, syöpymisen suojaksi tai vedenpitävyyden aikaansaamiseksi, ja ne sopivat bitumin lisäämiseen maalajeihin ja muihin tienrakennusaineisiin aikaisemmin käytettyjen monisuutinjärjestelmien sijasta.

Liikkumattomissa esisekoituslaitteissa on yleensä ainakin yksi kammio tai kanava, jossa on kierteitä, puristuskohtia, ohjauslevyjä tai täyttöaineita joiden rakenteelliset yksityiskohdat tavallisesti voidaan parhaiten määrittää ottamalla huomioon sellaiset muuttujat kuin toimintalämpötila, vaahdotettavien aineiden luonne ja niiden kriittiset fysikaaliset ominaisuudet kuten viskositeetti, virtausmäärät ja -tilavuudet, haluttu purkaussuuttimen tai suihkuputken tyyppi ja käytetyn vaahdotusnesteen määrä ja laatu. Kuvioissa 7-9 on esitetty eräitä esisekoituslaitteen 32 sovellutusesimerkkejä, joissa kaikissa laite 32 on liikkumatonta tyyppiä.

Kuvio 7 esittää esisekoituslaitetta 32, jossa on kierteinen metalliverkkotäyte 33 ja poikittaisseinät 34 ja 35, jotka myös on tehty metalliverkosta ja sijaitsevat täytteen 33 kummassakin päässä. Täytteen 33 kierrokset ovat mieluummin olennaisesti yhtä pitkän matkan päässä toisistaan, ja uloin kierros sopii sileästi ympäröivää johdon seinää 36 vasten. Tämä uloin kierros voi olla kiinnitetty seinään 36 juottamalla tai muulla sopivalla tavalla.

Kuvion 8 mukaan laitteeseen 32 sisältyy kierretty eli kierukka-mainen elin 37, joka mieluummin on tehty metallista ja sijaitsee sylinterimäisen johto-osan 38 sisässä tiiviisti sen seinään nojaten. Elinen 37 kierrokset ovat mieluummin olennaisesti yhtä pitkän matkan päässä toisistaan.

Kuvio 9 esittää esisekoituslaitetta 32, jossa joukko Raschig-renkaita 39 on sovitettu johto-osan 41 sisään ja pysytetään siellä paikallaan matkan päässä toisistaan olevien poikittaisseinien 41 avulla, jotka ovat metallikangasta tai muuta läpäisevää rakennetta, niin että ne päästävät nesteen kulkemaan lävitseen. Tämä nimenomainen sovitin on todettu varsin onnistuneeksi käytännössä, siinä määrin, että hyviä vaahtoja voidaan saada käyttämättä lainkaan suutinta, joskin yksinkertainen suutin tai purkausaukko tavallisesti on eduksi purkauksen vaahdon suunnan, nopeuden ja avaruusmuodon säätämisen helpottamiseksi. Itse asiassa tietyissä olosuhteissa voidaan suuresti leikkaavaa suutinta kuvion 9 mukaisen esisekoituslaitteen yhteydessä

käyttämällä tuhota kehittyvä vaahto ja/tai pienentää vesihiukkaset liian hienojakoisiksi.

Kussakin laitteessa 32 olevan täytteen tarkoituksena on hajottaa vesivirta (tai muu vaahdotusnestevirta) halutun kokoiseksi pieniksi pisaroiksi virtaavan nesteen turbulenssin eli suunnanmuutoksen aiheuttaman tai nesteen kulkemisesta kanavan kuristuskohtien läpi johtuvan leikkausvaikutuksen avulla, samalla sekoittaen dispergoitunut neste yhdenmukaisesti bitumiin tai muuhun perusaineeseen. Tarkoituksena on myös saada tämä aikaan ilman kovin pitkää viipymisaikaa, joka saattaisi johtaa huomattavaan vapaan höyryfaasin syntymiseen. Huomattakoon, että tätä periaatetta voidaan käyttää myös muissa liikku-
mattomien laitteiden 32 rakenteissa, siihen menetelmään nähden mitä käytetään kuristuskohtien ja suunnan muutosten aikaansaamiseen nestevirralle ohjauslevyjen, täytteen ja tms. avulla; ja edellä mainitut esimerkit ovat vain havainnollistavia eivätkä rajoita keksintöä.

Kiinteätä, rakeista tai hiukkasmuotoista ainetta missä tahansa sopivassa muodossa voidaan käyttää täytteenä esisekoituslaitteessa 32, ja tämän yleisotsakkeen alle kuuluvia aineita ovat mm. seuraavat: sora, metalliset, lasiset, keraamiset tai muuta kiinteää ainetta olevat helmet, hiukkaset, sauvat, pallot ja putkiosat; ja Raschig-renkaat.

Järjestelmä johon kuuluu esisekoituslaite 32 varustetaan mieluiten laitteilla, joilla vaahdotusaine voidaan ruiskuttaa esisekoituslaitteen 32 sisään yhdestä tai useammasta aukosta, joiden mitat voidaan sovittaa esisekoituslaitteen 32 ja muiden käyttöolosuhteiden mukaan. Näissä ruiskutuslaitteissa voi olla yksinkertaiset aukot tai niihin voi kuulua suuttimet, joilla saadaan aikaan parempi leikkausvaikutus.

Eräs esimerkki ruiskutussovituksesta on esitetty kuviossa 10, joka esittää osaa samanlaisesta virtauspiiristä kuin kuviossa 5 on esitetty. Bitumijohto 20 ja ohitusjohto 22 on yhdistetty venttiilillä 21, ja vesijohto 23 on yhdistetty suuttimeen 15 johtavaan syöttöjohtoon 43 ruiskutuslaitteen 44 kautta. Esisekoituslaite 32 on sijoitettu suuttimen 15 ja ruiskutuslaitteen 44 välille, ja parasta on sijoittaa laite 32 ja suutin 15 lähelle toisiaan, jotta vältettäisiin jäähtymisongelmat ja höyryn erottumisesta ja ennenaikaisesta vaahdonmuodostumisesta ja tuhoutumisesta aiheutuvat vaikeudet, jotka vuorostaan voivat tehdä tarpeelliseksi käyttää korkeampia toimintapaineita höyrystymisen rajoittamiseksi. Kuitenkin esiintyy olosuhteita, joissa saattaa olla toivottavaa erottaa purkausaukko tai -aukot erilliseksi vaahdonkehitysjärjestelmäksi huomattavan matkan

päähän ruiskutuslaitteesta 44 ja/tai esisekoituslaitteesta 32, jos viimeksimainittua käytetään, ja toimintaolosuhteet voidaan helposti asetella niin, että toiminta saadaan tyydyttäväksi näissä tapauksissa.

Ruiskutuslaitteessa 44 on mieluimmin verraten pieni purkausaukko 45 (esimerkiksi 6,2 mm:n läpimittaiseen vesijohtoon sopivaksi todettiin 0,45 mm:n aukko), joka sijaitsee lähellä suutinta 15, joskin esisekoituslaitteen 32 siitä erottamana. Kuten aikaisemmin on mainittu, saattaa kuitenkin esiintyä tilanteita, joissa on välttämätöntä tai toivottavaa erottaa suihkutusalite 44 esisekoituslaitteesta 32 ja/tai suuttimesta 15 yhdysputkella.

Täydellinen virtauspiiri, jonka osana kuvio 10 voi olla, on esitetty kaaviollisesti kuviossa 11. Bitumijohto 22 on yhdistetty säiliöön 46 sopivan pumpun 48 kautta, jonka nopeutta mieluimmin voidaan vaihdella. Bitumijohtoon 22 on kytketty myös painemittari 47. Myös vesijohtoon 23 voi kuulua pumppu 49, ja se on mieluimmin yhdistetty ruiskutuslaitteeseen 44 edellä mainitun annosteluventtiilin 24 ja takaiskuventtiilin 51 kautta.

Kuvio 12 esittää kaaviollisesti osaa samanlaisesta järjestelmästä kuin kuvio 10, jossa kuitenkin suuttimen 15 sijasta on suihkutusputki 52. Putkessa 52 on useita aukkoja tai nippeleitä 53 joista jokainen toimii eräänlaisena purkausaukkona, ja kuvio 12 esittää suihkuputkea 52 sovitettuna kerrostamaan päällystettä 54 levyelimelle 55, kuten matolle. Kerrostetun päällysteen 54 tasoittamiseksi ja levittämiseksi voidaan käyttää kuumennettua kaavinterää 56. On todettu, että kuvion 9 mukainen esisekoituslaitte 52 on erityisen sopiva käytettäväksi suihkuputkien 52 yhteydessä.

Tähän mennessä selitetyt esisekoituslaitteet 32 ovat kaikki liikkumatonta tyyppiä, mutta kuten aikaisemmin on mainittu, esisekoituslaitteisiin voi sisältyä myös liikkuva elin. Kuvio 13 esittää kaaviollisesti erittäin onnistunutta esisekoituslaitetta 32, johon kuuluu pyörivä potkuri 57 suihkutusaliteen 44 ja suuttimen 15 välissä. Käytännössä tällainen potkurilaitte 32 on ollut kytkettynä 2200 kierr/min. sähkömoottoriin, ja sillä on valmistettu erinomaista vaahdotettua bitumia erilaisten suuttimien 15 yhteydessä käytettynä. Tällaista laitetta 32 voidaan käyttää ilman jakelu- eli vaahdonkehityssuutinta, mutta yleensä yksinkertainen purkausaukko kuitenkin on tarpeen vaahdon suunnan ynnä muuhun säätöön.

Muunkinlaiset liikkuvalla elimellä varustetut laitteet 32 ovat tietenkin mahdollisia. Laitteeseen voi kuulua esimerkiksi pyörimätön mekaaninen elin, tai laite voi olla suurjaksovärähtelyn kehittimen muodossa.

Vaikkakin liikkuvalla elimellä varustetut esisekoituslaitteet yleensä ovat kalliimpia kuin liikkumattomat esisekoituslaitteet, ne voivat joissakin olosuhteissa olla eduksi, esim. jos halutaan alhainen vastus, tai jos tarvitaan yksinkertainen laite dispergoimisvaikutuksen muuttamiseksi eri aineisiin tai muihin toimintaolosuhteisiin sopivaksi. Tämä dispergoimisvaikutuksen muuttaminen voidaan saada aikaan tekemällä liikkuvan elimen käyttönopeus vaihdeltavaksi.

Aikaisemmin on mainittu tärkeäksi sovittaa kukin vaahdonvalmistuslaite kaikkiin toimintaolosuhteisiin, myös vaahdotettavan tuotteen viskositeettiin sopivaksi. Tämän havainnollistamiseksi erityisesti viskositeettiin nähden, bituminäytettä, jonka läpäisy oli 90 ja viskositeetti 140 cp 160°C:ssa, keitettiin palautusjäähdytystä käyttäen suurenevien lisäysten kanssa raskasta mustaa öljyä, jonka Saybolt-universal-arvo oli 210 sek. 99°C:ssa. Näytteet vaahdotettiin 160°C:ssa ruiskuttamalla 1 % vettä kuvion 10 mukaisella vedenruiskutuslaitteella, esisekoittamalla kuvion 9 mukaisessa Raschig-rengaslaitteessa, ja antamalla vaahdon purkautua eri kokeissa sekä pienleikkaussuuttimen että tangentin suuntaan syötetyn suuttimen kautta. Merkitsevää oli se, että molempien suutintyyppien todettiin kehittävän erinomaista vaahtoa keittämättömästä bitumista paitsi tilavuuden paisuntasuhteen puolesta (tyypillisesti 19:1) myös sikäli, että vaahto kehittyi silmänräpäyksellisesti. Kun viskositeettia pienennettiin keittämällä, yksinkertainen pienleikkaussuutin ei pystynyt kehittämään täysin silmänräpäyksellisesti vaahtoa näytteestä, jonka viskositeetti oli alennunut arvoon 36 cp 160°C:ssa. Kun sen sijaan otettiin käyttöön kuvioiden 3 ja 4 mukainen tangentin suunnassa syötetty suurleikkaussuutin, vaahto saatiin kehittymään silmänräpäyksessä, ja tämä ominaisuus säilyi kokeiden viimeiseen viskositeettiarvoon 12 cp 166°C:ssa saakka. Todennäköinen selitys tähän on se, että veden leikkautuminen sopivan kokoiseksi pikku pisaroiksi riippuu osaksi vaahdotettavan aineen viskositeetista, ja tämä vaikutus tulee vähemmän ankaraksi viskositeetin toimintalämpötilan alentuessa.

Saattaa esiintyä tilanteita, joissa vaahdotettu aine halutaan jakaa useihin paikkoihin käyttämättä vaahdonkehitysyksiköitä kaikissa näissä paikoissa. Edellä on selitetty vaahdon suihkuputki (kuvio 12) jolla selvittää monista tällaisista tilanteista. Toisissa tilanteissa saattaa olla toivottavaa järjestää vaahdotettujen aineiden tai piilevien vaahtojen jakelu verkostoon jossa on yksi tai useampia purkaussuuttimia sijoitettuna vaikeapääsyisiin paikkoihin tai huomattavan matkan päähän siitä kohdasta, jossa perusaineeseen ruiskutetaan ja/tai sekoitetaan vettä. Eräässä uudessa käytännön kehitelmässä on todettu,

että tämä voidaan saada aikaan valitsemalla sopivasti tässä keksinnössä selitetyt kalusto- ja menettelytavat, edellyttäen että mukana käytetään laitteita, jotka estävät aineiden liian jäähtymisen.

Esimerkiksi kuvion 10 mukaisella ruiskutuslaitteella 44 kytketynä yhteen kuvion 9 mukaisen Raschig-rengas-esisekoituslaitteen 32 kanssa saatiin erinomaista bitumivaahtoa esisekoituslaitteen poistaukkoon kytketyn, 6,4 metrin pituisen 1,25 cm:n putken avoimesta päästä. Tätä putkea lämmitettiin sähkönauhan avulla lämpöhäviöiden pienentämiseksi, jolloin bitumin lämpötila eräässä kokeessa oli 174°C vaahdonkehitysjärjestelmään sisään tullessa ja 146°C kuumennetun putken poistopäässä. Veden ruiskutussuhteella 1:75 saatiin vaahdosuhteeksi 17,2:1 R90-bitumilla. Sama järjestelmä toimi tyydyttävästi myös kuristetuilla suuttimilla erilaisilla vastapaineilla.

On kuitenkin huomattava, että tällaisissa järjestelmissä esiintyy tavallisesti jonkin verran lisäleikkausta, tai sitä voidaan tahallisesti saada aikaan käyttämällä täytteitä, taipeita, estelevyjä, kuristuskohtia, pienireikäisiä putkia tai kierteitä. Siitä miten paljon tällaista leikkausta esiintyy, riippuu se missä määrin dispergoimista on käytettävä ennen vaahdotettavan aineen ja vaahdotusnesteen seoksen tuloa järjestelmän tähän osaan. Keksinnön mukaan kaikki nämä tekijät ovat helposti säädettävissä. Tämä voidaan saada aikaan esimerkiksi täytetyillä esisekoituslaitteilla yksinkertaisesti lisäämällä tai vähentämällä Raschig-renkaita tai muuta täyteainetta; tai veden ruiskutusjärjestelmän suuttimen läpimittaa voidaan vaihdella.

Tällaisessa pitkänomaisessa järjestelmässä on myös mahdollista vaihdella sitä tavallisesti mieluummin käytettyä tapaa, että vaahdotettava aine lämmitetään niin suurella lämpöäärällä kuin on tarpeen halutun vaahdotilavuuden kehittämiseen, ennen veden ruiskuttamista. Tämä voidaan suorittaa lisäämällä osa tästä lämmöstä pitkän järjestelmään sen jälkeen kun vesi on ruiskutettu, etenkin koska yleensä lämmittämiseen muutenkin varaudutaan johdon jäähtymisen pienentämiseksi.

Eräs näiden järjestelmien käytännöllinen sovellutus on korkeaviskoosin voiteluaineen toimittaminen vahtona tiettyihin koneistotyyppeihin.

Vielä erään menetelmän mukaan vesi voidaan tuoda sisään invertoituna emulsiona, jossa vesi on dispergoituna bitumiin, öljyyn, terveen tai muuhun nesteeseen, joka sopii yhteen perusaineen ja sen käyttötarkoituksen kanssa. Tämä emulsio voidaan johtaa kuumen bitumiperusaineen sisään minkä tahansa sopivan sekoituskammion kautta ja

antaa sitten purkautua poistoaukosta. Tällä menetelmällä on se etu, että se yksinkertaistaa sekoitus- ja dispergoimissovitus, koska vesi on jakautunut sopivaa säädettyä kokoa oleviksi pieniksi pisaroiksi jo emulsion valmistuksen yhteydessä, ja sen johdosta on nyt tarpeellista vain pitää huoli emulsion ja bitumin yksinkertaisesta sekoittamisesta, minkä voidaan odottaa käyvän varsin helposti tämän invertoidun emulsion käytön ansiosta. Huomattakoon kuitenkin, että edellyttäen että dispergoimisvaikutusta on riittävästi, voidaan käyttää invertoimatontakin emulsiota - so. emulsiota jossa vesi on jatkuvana faasina - ja tällaisessa menetelmässä dispergoitu faasi voi sisältää jotakin lisäainetta tai konditionoimisainetta perusainetta varten.

Varsin karkeitakin invertoituja emulsioita voidaan käyttää, mutta ne ovat vain rajoitetusti eduksi vaahdonvalmistusjärjestelmän dispersiotarpeen yksinkertaistamisessa, niin että käyttökelpoisimpia emulsioita ovat sellaiset, joiden dispergoitujen hiukkasten koko vastaa 0,1-500 mikronin suuruista palloläpimittaa. On kuitenkin huomattava, että keksintöä voidaan soveltaa invertoituihin emulsioihin, joiden hiukkaskoko on edellä mainitun vaihtelurajan ulkopuolella.

Kokeet ovat osoittaneet, että invertoitua emulsiota käytettäessä on mahdollista kehittää vaahtoa yksinkertaisesti sekoittamalla emulsiota ja kuumaa bitumia avoimessa astiassa. Sekoitustoimitus voidaan suorittaa millä tahansa sopivalla hämmennyslaitteella, ja vaahtoa on todettu kehittyvän silmänräpäyksellisesti ja tasaisesti sellaisissa olosuhteissa, joissa pelkkää vettä lisäämällä ei saatu vaahtoa syntymään.

Invertoitujen emulsioiden käytön sopivuuden ja edullisuuden havainnollistamiseksi valmistettiin kaksi emulsiota käyttäen mukavuuden vuoksi nafteenista mineraalivoiteluöljyä, jonka viskositeetti Seybold-universalkokeen mukaan oli 100 sek 38°C:ssa. Emulsio No 1 sisälsi 54,7 paino-% tätä öljyä emulsiojärjestelmässä, jossa oli 0,8 % kaliumnaftenaattia ja 1,45 % natriumpetroleumsulfonaatteja puhtaina laskettuna. Emulgointi vedellä suoritettiin suurpaine-kuristussuutintyyppisellä kaupallisella homogenisaattorilla niin, että yleiseksi hiukkasläpimitäksi saatiin 2-5 mikronia.

Emulsioon No 2 oli tarkoitus saada paljon karkeampi hiukkaskoko ja se valmistettiin 55 paino-%:sta samanlaista voiteluöljyä kuin emulsioon No 1 käytettiin, emulgaattorina 2 % glyserolimono-oleaattia. Emulgointi suoritettiin suurella nopeudella hämmentämällä, jolloin kokojakautumaksi saatiin olennaisesti 15-20 mikronia.

Useilla suutinyhdistelmillä, esisekoituslaitteita käyttäen ja

ilman niitä, emulsio No 2 antoi korkeita vaahdon paisuntasuhteita, so. suuruusluokkaa 20:1, kun sitä käytettiin lisäyssuhteessa, joka vastasi 1 osaa vettä 100 bitumiosaa kohti, joka viimeksimainittu oli verraten korkeassa lämpötilassa, tyypillisesti 160°C:ssa.

Eräässä toisessa tällä emulsiolla tehdyssä kokeessa, jossa käytettiin vaahdonkehitysjärjestelmää jolla pystyttiin saamaan aikaan niin korkea vaahdon paisutussuhde kuin 20:1 163°C:n toimintalämpötilassa, suhde aleni arvoon 2,2:1 kun lämpötila alennettiin arvoon 115°C. Jonkin verran pienentämällä tämän emulsion hiukkaskokoa johtamalla se suurpainehomogenisaattorin läpi joka antoi hiukkaskooksi 10-12 mikronia, vaahdon paisuntasuhde kuitenkin saatiin suurenemaan arvosta 2,2 arvoon 5,1:1.

Samanlaisissa kokeissa hienojakoisella emulsiolla No 1 kävi päinvastainen havainnollisesti ilmi, kun kahdessa samanlaisessa kokeessa, jotka suoritettiin 115°C ja toisaalta 168°C kuumentamalla bitumilla, vastaavat vaahdonpaisuntasuhteet olivat 10:1 ja 2:1. Todennäköistä on, että tässä tapauksessa hyvin hienojakoinen vesidispersio höyrystyi ennen aikaisesti korkeissa lämpötiloissa, mutta höyrystyi paljon tyydyttävämmällä nopeudella alhaisissa lämpötiloissa, niissä järjestelmissä joita tutkittiin. Tämä tukee sitä teoriaa, että vaahdotusnestettä varten on käytettävä dispersiolaitetta tai -menetelmää, jolla saadaan aikaan sopivin hienojakoisuusaste ja joka sopii yhteen järjestelmän muun osan ja toimintaolosuhteiden kanssa.

Edellä olevasta käy ilmi, että tämän keksinnön mukaan voidaan saada aikaan tyydyttävä vaahdotus käyttämättä dispergoimisvaikutusta tai sekoitussuuttimia, varsinkin jos käytetään liikkumattomilla tai liikkuvilla elimillä varustettuja esisekoituslaitteita. Lisäksi vaahdon suihkutusputki, jossa on tavalliset poistoreiät, yhdessä esisekoituslaitteen kanssa, on toisena esimerkkinä keksinnön toimintakyvystä ilman dispergoimista tai sekoitussuuttimia. On myös mahdollista kehittää vaahtoa sopivasti valmistetuista invertoiduista emulsioista tarvitsematta käyttää dispergoimis- tai sekoitussuutinta.

Edelleen keksinnön mukaan voidaan käyttää kahta erilaista suutintyyppiä. Toinen suutintyyppi antaa merkitsevän osan dispergoimisvaikutuksesta, ja toinen tyyppi on tavallisesti sisäiseltä rakenteeltaan yksinkertainen ja sitä käytetään pääasiassa purkautuvan vaahdon suunnan, muodon tai nopeuden säätämiseen.

Vaikka kaikissa tähän mennessä selitetyissä menetelmissä vesi on mainittu nestemäisenä vaahdotusaineena, on selvää, että muitakin haihtuvia nesteitä tai niiden vesiseoksia voidaan käyttää. Nestemäinen vaahdotusaine voi vaihdella vaahdotettavan perusaineen mukaan,

ja joukko erilaisia aineita voi sopia kuhunkin tapaukseen. Yleensä nestemäisen vaahdotusaineen on täytettävä seuraavat vaatimukset parhaiden tulosten saavuttamiseksi.

1. Kiehumapisteen on oltava olennaisesti alempi kuin perusaineen (esim. bitumin) haluttu työlämpötila, joka lämpötila valitaan niin, että saadaan sopiva toimintaviskositeetti ja varmistetaan kehitetyn vaahdon tehokas kerrostuminen käsiteltävälle aineelle.

2. Sen on pystyttävä kehittämään verraten suuri määrä höyryä alkuperäiseen nestemäärään verrattuna kun se kuumennetaan kiehumapisteen-
sä yläpuolelle, ja tämä vaatii verraten alhaista molekyylipainoa, mikä vedellä onkin.

3. Sen on oltava olennaisesti sekoittumatonta perusaineeseen.

Esimerkkejä aineista, jotka täyttävät edellä luetellut kolme vaatimusta bitumi-perusaineisiin nähden ovat mm. vesi, alemmat alkolit, metanoli, etanoli ja normaali- ja isopropanoli.

Useimmissa olosuhteissa vesi on ensisijaisena vaahdonkehitysnesteenä, koska siinä yhtyvät halvan hinnan ja turvallisuuden edut erittäin sopiviin fysikaalisiin ominaisuuksiin. Mitä viimeksimainittuihin tulee, sen molekyylipaino on alhainen, niin että sitä tarvitsee käyttää vain pieni määrä halutun vaahdotilavuuden synnyttämiseksi. Lisäksi sen ominaislämpö ja höyrystymislämpö ovat verraten korkeat, ja kokeet viittaavat siihen, että nämä piirteet tekevät helpommaksi välttää ennen aikaista höyrystymistä vedellä kuin muilla vaahdotusaineilla kuten metanolilla ja etanolilla, etenkin kun toimitaan lämpötiloissa, jotka ovat yli n. 150°C . Lisäksi vaahdon kehittymistä auttaa veden huono liukoisuus varsin moniin aineisiin, joita halutaan vaahdottaa, kuten bitumiin.

Nestemäiseen vaahdotusaineeseen voidaan myös lisätä liukoisia tai dispergoituvia lisäaineita haluttujen ominaisuuksien antamiseksi sillä kehitetylle vaahdolle. Tällaisena lisäaineena voi olla esim. jokin pinta-aktiivinen aine, sellaista tyyppiä, että se edistää perusaineen (esim. bitumin) tarttumista maalajin tai täyteaineksen hiukkas-
siin.

Tällä keksinnöllä on se tärkeä ominaisuus, että selitetyjä periaatteita, menettelytapoja ja laitteita voidaan onnistuneesti käyttää laajalti vaihtelevien muidenkin aineiden kuin bitumien vaahdottamiseen, ja näin saatuja vaahtoja voidaan monin tavoin käyttää hiuk-
kasmuotoisten, kiinteiden tai huokoisten aineiden sitomiseen, päällystämiseen tai kyllästämiseen.

Erinomaisia vaahtoja voidaan vettä vaahdotusaineena käyttäen valmistaa esim. vahaseoksista, joita yleisesti sanotaan "kuumasulatteiksi". Näille ominaisia ovat verraten korkeat "sulamispisteet" ja viskositeetit sulina, ja niiden korkeat sulamispisteet tekevät niiden käsittelyn ja kerrostamisen aineille päällysteiksi tai muihin tarkoituksiin vaikeaksi. Eräs tunnettu menetelmä "kuumasulatteiden" kerrostamiseksi kulkeville ainerainoille kuten kartongille, on esimerkiksi se jossa käytetään verhopäällystyskoneita, jolla on useita varjopuolia mm. korkea hinta, monimutkaisuus ja rajoitukset sen aineen leveyteen nähden, joita niillä voidaan käsitellä, ja joillakin seoksilla on vaikeata tai mahdotonta muodostaa tyydyttäviä verhoja. Yksinkertainen vaahdonmuodostuskalusto tämän keksinnön mukaisen menetelmän suorittamiseksi on monia tarkoituksia varten osoittautunut saavan aikaan tyydyttäviä tuloksia verraten alhaisilla kalustokustannuksilla, ja pystyvän käsittelemään suuria rainaleveyksiä paljon paremmin.

Sen osoittamiseksi, että tämän keksinnön mukaan voidaan muodostaa erinomaisia vaahtoja koostumukseltaan erilaisista "kuumasulatteista", seuraavia kahta koostumusta käytettiin kokeisiin, joiden yksityiskohdat selitetään seuraavassa:

Kuumasulate A

Tämä sekoitettiin raffinoidusta parafiinivahasta, jonka sulamispiste (ASTM) oli 66°C , ja mikrokiteisestä vahasta, jonka ominaisuudet olivat seuraavat:

Viskositeetti 99°C :ssa	15 cs
Neulan tunkeutuma 25°C :ssa	28
Sulamispiste $^{\circ}\text{C}$	74

Tässä seoksessa käytettiin lisäaineina suurmolekyylistä etyleeniä ja vinyyliasetaatia kopolymeeriä ynnä polyetyleeniä.

Aineen ominaisuudet olivat seuraavat:

Viskositeetti 121°C :ssa	526 cs
Viskositeetti 149°C :ssa	280 cs
Neulan tunkeutuma 25°C :ssa	8
Pehmenemispiste (R & B)	88°C

Kuumasulate B

Tämä sekoitettiin edellä mainitusta mikrokiteisestä vahasta ynnä synteettisestä vahasta, joka oli etyleeni- ja vinyyliasetaatia ynnä erään disproportionoidun hartsin kopolymeeriä.

Tämän aineen ominaisuudet olivat seuraavat:

Viskositeetti 121°C:ssa	450 cs
Viskositeetti 149°C:ssa	227 cs
Neulan tunkeutuma 25°C:ssa	28
Pehmenemispiste (R & B)	75°C

Molemmista näistä kuumasulatteista saatiin erinomaisia vaahto- ja vettä vaahdotusaineena käyttäen, etenkin tilavuuden paisumasuhteet nousivat jopa arvoon 20:1, tuotannon alkaessa silmänräpäyksellisesti purkaussuuttimista syöksyessä. Keksinnön perusaatteen monipuolisuus osoitettiin käyttämällä sekä höyryllä avustettua vesimenetelmää bitumin vaahdottamiseen, että myös Raschig-renkailla täytettyä esisekoituskammiota, jota edelsi yksinkertainen vedenruiskutuslaitteisto, jotka molemmat menetelmät on aikaisemmin selitetty. Viimeksimainittua yhdistelmää käytettiin edellä selitettyjen erilaisten purkaussuuttimien kanssa, mutta lisäksi se antoi korkeita vaahtosuhteita silmänräpäyksessä purkauksen tapahtuessa ilman mitään suutinta. Tällä on merkitystä sikäli, että se osoittaa miten hyvän lämmönsiirtymisen hallinta dispergoituun veteen on saavutettu, koska sisäisenä paineena tässä tapauksessa oli yksinkertaisesti se, mikä oli tarpeen halutun virtausnopeuden pysyttämiseksi kuristamattomassa poistoaukossa, ilman mitään paineenlisäystä ennenaikaisen höyrystymisen estämiseksi. Monissa käytännön tilanteissa on kuitenkin parempi käyttää jonkinlaista purkaussuutinta jossa on supistettu aukko, halutun nopeuden ja avaruusominaisuuksien antamiseksi vaahtovirralle.

Kokeet ovat osoittaneet, että "kuumasulatteesta" valmistettuja vaahtoja voidaan tehokkaasti käyttää sekä arkkiaineiden että erilaisten hiukkasmuodossa olevien kiinteiden aineiden päällystämiseen. Vaahdotettuina näitä aineita voidaan kerrostaa olosuhteissa, joissa niiden korkea viskositeetti vaahdottamattomana tekee sen muuten kovin vaikeaksi tai mahdottomaksi, ja vaahtoisuus saa aikaan erinomaisen kostutusvaikutuksen silloin kun tämä on tarpeen.

Lisäesimerkkinä tämän keksinnön soveltamisesta mitä erilaisimpiin aineisiin mainittakoon, että polyetyleenä, jonka molekyylipaino oli 2000, on paisutettu erittäin käyttökelpoiseksi vaahtoksi useissa erilaisissa kokeissa.

Lisäesimerkkinä tämän keksinnön kyvystä kehittää vaahtoja monenlaisista ja moniin käyttötarkoituksiin sopivista aineista voidaan mainita korkeaviskoosien voiteluaineiden vaahdotus. Nämä voiteluaineet valmistetaan bitumeista ja/tai muista korkeaviskoosista aineista ja sisältävät tavallisesti kuormitusta kestäviä lisäaineita. Niitä käytetään laajalti isojen, raskaasti kuormitettujen, hitaasti liikkuvien hammaspyörien, laakereiden, nokkapintojen ja köysien voi-

telemiseen esimerkiksi liikkuvissa kaapelikaivuukoneissa ja muissa kaivos- ja maansiirtokoneissa tai sentapaisissa.

Tyypillisiä viskooseja, edellä mainittua tyyppiä olevia voiteluaineita voidaan helposti muuttaa suuresti paisutettuihin muotoihin tämän keksinnön mukaisilla keinoilla.

Nykyisessä käytännössä korkeaviskoosisten voiteluaineiden käyttö aiheuttaa suuria vaikeuksia. Se suoritetaan tavallisesti käyttämällä suurpainepumppausyksiköitä, käsin sivelyä, lämmitystä verraten korkeisiin lämpötiloihin tai laimentamalla liuottimilla. Kaikkien näiden menettelytapojen varjopuolet ovat tunnetut.

Käyttämällä vaahdotettuja voiteluaineita voidaan välttää liuotinten tarve, jotka ovat kalliita ja jotka pysyttävät aineen työpinnalla liian ohuena haihtumisen aikana. Myös suurpainepumppauksen tarve voidaan välttää, koska vaahdotetut aineet tarvitsevat varsin vähän painetta jakeluaan varten. Lisäksi vaahdotetun voiteluaineen paisuneisuus helpottaa aineen kerrostamista tasaisesti ja taloudellisesti isoille ja/tai muodoltaan monimutkaisille pinnoille.

Kun keksinnön pääperiaatteet nyt on saatu yleisesti hahmotelluiksi, seuraavassa esitetään eräitä esimerkkejä osoitukseksi keksinnön käytännöllisistä eduista ja myös yksityiskohtien esittämiseksi tyypillisistä olosuhteista, joissa keksinnön mukainen menetelmä voidaan suorittaa.

Esimerkki 1

Tässä kokeessa syötettiin kyllästettyä höyryä tavanomaiseen, aikaisemmin selitettyyn suuttimeen, joka oli yhdistetty kuuman bitumin säiliöön, jonka lämpötilaa pidettiin $160 \pm 8^{\circ}\text{C}$:ssa. Tämä bitumi oli 90 tunkeutuman tienpäällystyslaatua, joka oli valmistettu puske-malla maaöljytähdeöljyä, ja oli austraalian standardin A10-1967, luokka R90 mukaista.

Oli varattu mahdollisuus johtaa kuumaa vettä höyrykehittimestä höyryjohtoon sopivaan kohtaan.

Koeolosuhteet ja saatujen vaahtojen ominaisuudet on esitetty seuraavassa taulukossa I.

Taulukko I

Toimintamuuttujat	Höyry yksin	Vesi ynnä höyry
Höyry		
Paine suuttimessa, atm.ylip.	2,1	2,1
Lämpötila (arvioitu höyrytaulukoista) °C	134	134
Virta, l/min standardilämpötilassa ja -paineessa	41	41
Virta, g/min	32	32
Vesi		
Ruiskutuslämpötila °C	-	134
Virta g/min	0	35
Bitumi		
Virta, g/min	2500	2500
Höyryn ja bitumin tilavuussuhde 2,1 atm. ylipaineella	5,5:1	5,5:1
Veden ja bitumin paino- ja tilavuussuhteet	-	1:71
Vaahto		
2700 ml astian täyttöaika, sek.	35	3,5
2700 ml vaahdon paino, g	1450	161
Bitumin tilavuus grammaa kohti, ml	1,9	16,8
Vaahdon lämpötila astiassa, °C	140	136

Tästä esimerkistä näkyy, että pelkkää höyryä käyttämällä saatiin varsin huono vaahdon tilavuussuhde bitumiin nähden. Sen ominaisuudet olivat sellaiset, että sitä ei voitu tehokkaasti sekoittaa maahan. Toisaalta saavutettiin varsin korkea tilavuussuhde, kun käytettiin vettä primäärinä vaahdotusaineena. Tämä vaahto kehittyi silmänräpäyksessä suuttimesta purkautuessaan ja se oli tyypillistä maalajeihin helposti sekoittuvaa vaahtoa.

Jotta saavutettaisiin toivotulla vaihtelualueella 15:1-20:1 olevan vaahdon ja perusaineen välinen tilavuussuhde mitattuna likimäärin 121°C lämpötilassa, täytyy ilmeisesti olla mahdollista sekoittaa vaahdotusaine ja bitumi toisiinsa edullisessa tilavuussuhteessa. Veden ja bitumin tapauksessa täksi minimisuhteeksi on todettu likimäärin yksi tilavuusyksikkö vettä sataa tilavuusyksikköä bitumia kohti, ja voidaan todeta, että edellä selitetyssä kokeessa käytetty veden ja bitumin suhde on hyvin lähellä haluttua teoreettista suhdetta tehokkaan vaahdon valmistamiseksi.

Esimerkki 2

Tässä kokeessa käytettiin samaa kalustoa ja samoja aineita kuin esimerkissä 1, mutta korkeampia vesi- ja höyrysuhteita bitumiin nähden.

Lisäksi määritettiin vaahtojen sekoittumiskyky maalajeihin, ilmaisuksi niiden sopivuudesta kaupalliseen käyttöön. Tätä tarkoitusta varten valittiin sattumanvaraisesti maanäyte suuresta kokoelmasta, joka käsitti niitä maalajityyppejä joita käytetään tien pohjiin tierakennuksessa ja jotka tarvitsevat stabilointia. Tämän maalajin ominaisuudet olivat seuraavat:

Selitys	Hiekkaa
Orgaanisen aineen pitoisuus %	0,24
Modifioitu A.A.S.H.O. tiivistys*	
- Optimikosteuspitoisuus %	12
- Maksimi kuivatiheys, kg/dm ³	1,8

Luokittelu

Seulan koko	14	25	36	52	100	200
Läpäisi %	100	95	86	69	31	8

Ennen käyttöä maalajin kosteus asetettiin 10 %:iin kuiva-aineesta laskettuna, mikä oli optimialueella nimenomaan tämän aineen käsitte-lyä varten.

Sekoitus suoritettiin 10 kvartin (11,36 litran) taikinasekoit-
timessa jossa oli sopivan muotoinen pystysuora kiertolapa. Tämä
kalusto on osoittautunut korrelatiokykyiseksi täysikokoisten teollis-
ten sekoituslaitteiden kanssa.

Sekoitustehon silmämääräiseen arvosteluun käytettiin arvostelu-
asteikkoa, joka on vastaavuussuhteessa maaseosten käyttäytymiseen
tiivistämisen ja vanhenemisen jälkeen. Tämä arvosteluasteikko on
seuraava:

Arvostelu	Sekoitetettujen aineiden kuvaus
1	Ei sekoittumista, kaikki bitumi suurina kokkareina
3	Osittaista sekoittumista, n. 70 % bitumista pieninä pallolina
5	Osittaista sekoittumista, n. 50 % bitumista pieninä pallolina tai hiukkasina,
7	n. 10-20 % bitumista vapaina hiukkasina, mutta muu- ten hyvin sekoittunutta
9	n. 5 % bitumista vapaina hiukkasina, muuten hyvin sekoittunutta
10	täysin sekoittunutta, vapaata bitumia ei havaita.

*Moisture-Density Relations of Soil - Cement Mixtures

/American Association of State Highway Officials (A.A.S.H.O.)

T 134-6T, vastaa ASTM D 588-57

Tässä arvosteluasteikossa taloudellista bitumin hyväksikäyttöä ja sekoituksen hyvää laatua vastaavat arvostelunumerot 7-10. Arvostelunumerot 5 ja siitä alle edustavat sekoituksia, joilla on epätyydyttävät ominaisuudet ja/tai joissa bitumi on käytetty epätaloudellisesti hyväksi. Huomattakoon, että seokset, joiden arvostelunumero on 5, voivat osoittaa tyydyttävää maan stabiloitumista, edellyttäen, että käytetään riittävän suurta bitumiannostusta, mutta tällaisen menettelyn taloudellisuus on tietenkin huono verrattuna numerolla 7 tai siitä yli arvosteltuihin sekoituksiin.

Seuraavassa taulukossa 2 esitetään koeolosuhteet ja saadut tulokset, ja voidaan todeta, että käyttämällä suuria höyrymääriä bitumimääriin verrattuna, ilman vettä, ei saada vältetyksi esimerkin 1 mukaisia vaahdon tilavuussuhteen puutteellisuuksia. Toisaalta taas vettä käyttämällä saatiin erinomaista vaahtoa, jonka tilavuussuhde oli korkea. Mainittavaa etua ei jälkimmäisessä tapauksessa saavuteta käyttämällä vettä huomattavasti enemmän kuin teoreettisesti tarvitaan saatua vaahtotilavuutta varten.

Maanäytteisiin sekoitettaessa ei vaadittua seoksen laatua saavutettu ilman vettä suoritettussa kokeessa, kun taas vettä ruiskuttamalla saatu suuresti paisunut silmänräpäyksellinen vaahto antoi hyvin tyydyttävän seoksen, ja edustaa käytetyn bitumimäärän tehokasta hyväksikäyttöä.

Taulukko 2

Toimintamuuttujat	Höyry yksin	Vesi ynnä höyry
Höyry		
Paine suuttimessa, atm. ylipainetta	2,1	2,1
Lämpötila (arvioitu höyrytaulukoista), °C	134	134
Höyryn tai veden ynnä höyryn lämpötila 1,25 cm:n päässä suuttimen purkauskohdasta ilman bitumivirtaa, °C	180	180
Virta standardilämpötilassa ja -paineessa, l/min	250	250
Virta, g/min	200	200
Vesi		
Ruiskutuslämpötila, °C	-	134
Virta, g/min	0	140
Bitumi		
Virta, g/min	2500	2500
Höyryn ja bitumin painosuhde	1-12,5	1-12,5
Höyryn ja bitumin tilavuussuhde (2,1 atm. ylipainetta)	33-1	33-1
Veden ja bitumin paino- ja tilavuussuhde	-	1-17,9

Vaahto

2700 ml astian täyttymisaika, sek.	30	3,5
2700 vaahto-ml:n paino g	1370	153
Bitumin ominaistilavuus ml/g	2,0	17,7
Vaahdon lämpötila astiassa, °C	138	121

Maaseos

Ulkonäkö	Paljon vapaata bitumia	Bitumi hyvin sekoittuneena
Arvostelunumero	5	8
Bitumipitoisuus, %	3,5	3,5

Esimerkki 3

Tämä koe oli tarkoitettu sen selvittämiseksi, mikä vaikutus saadaan korvaamalla höyry paineilmalla yleisesti samoissa olosuhteissa kuin esimerkissä 2. Tässä tapauksessa suuttimeen johdettiin höyryn sijasta ilmaa 2,1 atm. ylipaineessa ja huoneen lämpötilassa, ja varustettiin mahdollisuus johtaa ilmapvirtaan säädetty määrä vettä huoneen lämpötilassa.

Todettiin, että edellä selitetty tavanomainen suutin on altis tukkeutumaan jähmettyneillä bitumeilla kun käytetään kylmiä kaasuja ja vettä, ja sen johdosta tässä kokeessa käytettiin edellä selitettyä modifioitua suutinta. Tässä modifioidussa suuttimessa on vältetty aikaisemmassa suuttimessa oleva verraten pitkä bitumikanava, niin että bitumilla on pienempi mahdollisuus jähmettyä.

Tässä kokeessa käytetyt olosuhteet ja saadut tulokset ilmenevät seuraavasta taulukosta 3. Voidaan jälleen todeta, että pelkästään paineenalaista kaasua käyttämällä saatiin huono vaahdonkehitys niin kuin höyrynkäin tapauksessa. Tämä tukee sitä käsitystä, että ei ole käytännöllistä sekoittaa bitumiin sitä tilavuusmäärää kaasua tai höyryä, joka on tarpeen tämän keksinnön mukaisia korkeita vaahdon tilavuussuhteita varten.

Toisaalta kun käytettiin vettä primäärinä vaahdotusaineena, saatiin erinomaista vaahtoa, jonka tilavuussuhde oli korkea ja joka antoi täysin tyydyttävän vaahdoseoksen vastakohtana pelkällä ilmalla tehdyille tai pelkällä höyryllä esimerkin 2 mukaan tehdyille vaahdolle.

Taulukko 3

Toimintamuuttujat	Paineilma yksinään	Vesi ynnä paineilma
Ilma		
Paine suuttimessa, atm. ylipainetta	2,1	2,1
Lämpötila suuttimessa, °C	26	26
Ilman tai ilman ynnä veden lämpötila 1,25 cm:n päässä suuttimen aukosta ilman bitumivirtaa, °C	21	18
Virta standardilämpötilassa ja -paineessa, l/min	210	210
Vesi		
Ruiskutuslämpötila, °C	-	18
Virta, g/l	0	120
Bitumi		
Virta, g/min	2500	2500
Ilman ja bitumin tilavuussuhde (2,1 atm. ylipaineessa)	28	28
Veden ja bitumin paino- ja tilavuussuhde	-	1-20,8
Vaaho		
2700 ml astian täyttymisaika, sek.	40	3,5
2700 vaahto- ml:n paino, g	1900	131
Bitumin ominaistilavuus, ml/g	1,4	20,6
Vaahdon lämpötila astiassa, °C	141	124
Maaseos		
Ulkonäkö	Vapaita bitumihiuk- kasia melkoisesti	Bitumin jakautu- minen tyy- dyttävä
Arvostelunumero	4	7
Bitumipitoisuus, %	3,5	3,8
Esimerkki 4		

Tällä esimerkillä on tarkoitus osoittaa ne edut maan stabiloi-
misessa, jotka saavutetaan käyttämällä keksinnön mukaista suuresti
paisutettua bitumivaahtoa. Vertailu suoritetaan käsittelemättömään
maahan nähden ja ennestään tunnetun tekniikan mukaan käsiteltyyn maa-
han nähden, jossa vaahdon valmistukseen on käytetty kyllästettyä höy-
ryä.

Viimeksimainitussa menetelmässä jossa vaahto kehitettiin pel-
kästään kyllästetyllä höyryllä, käytettiin samaa kalustoa kuin esi-
merkissä 2.

Kalusto, jota käytettiin vaahdon kehittämiseen tämän keksinnön

mukaan, oli yhdistelmä aikaisemmin selitetyistä laitteista. Näitä olivat ensinnäkin 0,45 mm:n läpimittainen suutin veden ruiskuttamista varten kuumaan bitumivirtaan, sen jälkeen Raschig-renkailla täytetty esisekoituslaite, ja vihdoin yksinkertainen purkaussuulake ilman mitään sisäisiä leikkauslaitteita, jossa oli huulenmuotoinen poistorako. Veden suhde bitumiin oli 1:100 ja bitumin lämpötila 165°C.

Järjestelmällä, jossa käytettiin pelkkää kyllästettyä höyryä, saatiin huono vaahdon paisunta, vain 2 tilavuusyksikköä bitumin painoyksikköä kohti; höyryvirta näytti kuitenkin aiheuttavan huomattavaa atomisoitumista mistä oli ilmeistä apua bitumin sekoittumisessa maahan.

Järjestelmällä, jossa vettä käytettiin vaahdotusaineena, saatiin paisunnaksi 18 tilavuusyksikköä vaahtoa bitumin painoyksikköä kohti.

Näissä kokeissa käytettiin australialaisen standardin A10-1967 mukaista tienpäällystysbitumia R90.

Käytetty maa oli yhdistelmänäyte aikaisempaa jokihiekkakerrostumaa, joka koostui pääasiassa puhtaasta hienosta hiekasta, jonka maksimikoko oli 9,4-4,7 mm, johon oli yhdenmukaisesti sekoitettu hiesua tai savea aineen koossapysyvyyden parantamiseksi tienrakennustarkoituksia varten.

Tyypillinen seula-analyysi oli seuraavanlainen:

Britt.Stand. seulan No -	3/8	3/16	7	14	25	36	52	100	200
läpäisi %	- 100	99	93	75	39	25	17	10	5

Maan plastisuusindeksi oli 5 ja Unified Soil Classification system'in (Corps of Engineers, U.S. Army, Technical Memorandum No 3-357, Vol. 1 ja 3, maaliskuu 1953) mukaan sen luokitus oli SP-SS kenttätunnistamista varten.

Käsittelemättömän maan modifioitu A.A.S.H.O.-optimikosteuspitoisuus oli 8 %.

Maan kuohkeuspisteeksi ("fluff-point") määritettiin likimäärin 6 % kosteus, ja vaahdon sekoittaminen suoritettiin 6,3 % kosteudessa. Tiivistäminen 2,8 %:lla R90 asfalttia suoritettiin 6,3 % kosteuspitoisuudessa.

Näitä kokeita varten sekoittimeen pantiin 4800 g maata, jonka kosteuspitoisuus tunnettiin, ja sekoittimen toimiessa likimäärin 50 kierr/min vakionopeudella lisättiin niin paljon vettä, että maan kosteuspitoisuus nousi kuohkeuspisteeseen. Viimeksimainittu on se piste, jossa maan tilavuus on suurimmillaan painoyksikköä kohti ja joka on todettu sopivimmaksi vaahdon dispergoimiseen, ja tässä tapauksessa se oli 6,3 % kosteutta.

Sekoitettiin perusteellisesti, ja 2,8 % asfalttia johdettiin vaahdotettuna maan sisään ympäristön lämpötilassa, jatkuvasti hämmentäen.

Asfaltin ja maan seos tarkastettiin silmämääräisesti sekoittamisen päätyttyä asfalttipäällystyksen tehokkuuden osalta ja arvosteltiin esimerkissä 2 esitetyn sovinnaisen numeroasteikon mukaan. Kylästetyllä höyryllä valmistetun näytteen arvostelunumero oli vain 5 tässä asteikossa, kun taas vettä vaahdotusaineena käyttämällä arvostelunumeroksi tuli 8.

Käsitelty maa pantiin sitten muovipusseihin, jotka suljettiin tiiviisti ja säilytettiin yli yön, ennen kuin seuraavana päivänä näytteet siitä tiivistettiin.

Tiivistämistä varten käsiteltyt maat saatettiin ensiksi optimikosteuspitoisuuteen (OMC), joka on se kosteuspitoisuus, jossa saavutetaan suurin kuivatiheys tiivistämisen aikana. Aineiden tiivistäminen suoritettiin "OMC":ssa ja huoneen lämpötilassa ($18-24^{\circ}\text{C}$) käyttäen Californian Kneading Compactor'ia paineella 25 atm. Yleiset menettelytavat tiivistämistä varten on selitetty julkaisussa Californian Division of Highways, Test Method No 301F (Part 11, 1964).

Valmistettiin neljä näytettä, joiden korkeus, paino ja tiheys laskettiin tässä vaiheessa. Useimpia kokeita varten näytteiden mittojen on oltava läpimitta 10 cm ja korkeus 6,25 cm.

Näytteet pantiin kukin omassa muotissaan uuniin jota pidettiin $60 \pm 3^{\circ}\text{C}$:ssa, kolmeksi vuorokaudeksi niiden kosteuden alentamiseksi tasapainotasolle, jota kokeen perusteella pidetään kenttäolosuhteiden mukaisena.

Kullekin tasapainotetulle näytteelle suoritettiin useita kokeita, jotka perustuivat pääasiassa Californian Division of Highways'in menetelmiin ja/tai ASTM:iin. Nämä testit luetellaan seuraavassa:

(i) Modifioitu vastusarvo - ennen liotustestiä ja sen jälkeen

Modifioitu vastusarvo määritetään tasapainotetusta näytteestä huoneen lämpötilassa käyttäen Californian Highways'in Method No 301 (Part V) mukaista standardimenetelmää.

Testin päätyttyä näyte palautetaan muottiinsa, punnitaan ja upotetaan sitten 21°C veteen neljän päivän ajaksi, punnitaan uudelleen, ja määritetään vastusarvo uudelleen.

(ii) Relatiivinen stabiliteettiarvo - ennen kosteuden höyryalttius-(MVS)-testiä ja sen jälkeen. Relatiivinen stabiliteettiarvo määritetään tasapainotetusta näytteestä 60°C :ssa käyttäen Californian Highways'in Method No 304E (Part 111, 1966) tai ASTM D 1560 mukaista standardimenetelmää.

Yhdestä lisänäytteestä suoritetaan kosteuden höyryalttiuskoe käyttäen Californian Highways'in Method No 307D selitettyjä menettelytapoja, ja sen jälkeen kun absorboitu vesimäärä on määritetty, määritetään relatiivinen stabiliteetti.

(iii) Lujuustestit - koheesiometriarvo ja puristuslujuus rajoittamattomana.

Koheesiometriarvo määritetään Californian Test Method'in 306B tai ASTM D1560 mukaan tasapainoitettusta näytteestä 60°C:ssa sekä lisäksi näytteestä jolle aikaisemmin on tehty MVS-testi.

Puristuslujuus rajoittamattomana määritetään kuormittamalla nopeudella 1,2 mm/min yhtä tasapainotettua näytettä ja yhtä aikaisemmin neljän päivän liotustestissä ollutta näytettä.

(iv) Veden imeytyminen

Turpoamisen määrä määritetään tasapainotetusta näytteestä Californian Method No 305B mukaan ja permeabiliteetti merkitään muistiin. MVS- ja liotuskokeessa imeytynyt kosteus merkitään muistiin.

(v) Marshall-testi

Hveen-testin lisäksi määritetään näytteen Marshall-stabiliteetti joko kuivana tai neljän päivän esiliotuksen jälkeen. Tässä selityksessä mainituista työtuloksista Marshall-stabiliteetti on määritetty näytteestä, joka on tiivistetty Californian Kneading Compactor'illa (joka on edellä selitetty) ja jota sen jälkeen on kypsytetty 3 päivää 60°C:ssa. Näytettä testattaessa käytetty menettelytapa on ASTM Method D1559-65 mukainen.

Näiden testien tulokset on esitetty taulukossa 4.

Tuloksista voidaan päätellä, että käyttämällä suuresti paisutettua vaahtoa, joka on valmistettu pelkästä vedestä edellä selitetyllä esisekoitus- ja suihkutuksen menetelmällä, saadaan maaseoksia, joiden ominaisuudet ovat paljon paremmat kuin ennestään tunnetulla kyllästettyä höyryä käyttävällä prosessilla valmistettujen, joskin tämäkin on huomattavasti parempaa kuin käsittelemätön maa. Seuraavat yksityiskohtaisemmat vertailut voidaan tehdä mainittujen kahden bitumikäsittelyn välillä.

Tiheys - Keskimääräiseksi kuivaksi tiheydeksi määritettynä neljästä, kustakin näyteseoksesta valmistetusta näytteestä, saatiin 2,04 kg/dm³ käsittelemättömällä maalla, 2,05 kg/dm³ höyryprosessilla ja 2,08 kg/dm³ vesiprosessilla. Nämä tulokset osoittavat paremmalla vaahtotyypillä saadun paremman päällystykseen edullisuutta.

Modifioidut vastusarvot - Verraten kuivassa, kypsytetyssä ti-lässään kaikki näytteet antoivat hyviä arvoja, mutta neljän päivän

vedessä liottamisen jälkeen käsittelemätön maa luhistui muotista poistettaessa. Vesiprosessilla saadaan merkitsevä parannus.

Modifioitu relatiivinen stabiliteetti - Kypsytyksessä tilassa saatiin erittäin hyvät arvot, vesiprosessissa jälleen merkitsevästi paremmat. MVS-testin jälkeen vesiprosessin osalta oli todettavissa huomattavaa lujuuden säilymistä, kun taas käsittelemätön näyte ja kylästetyllä höyryllä valmistettu näyte sen sijaan osoittivat suurta huononemista.

Turvotustesti - Vesiprosessi antoi erityisen alhaisen tuloksen, molemmat muut korkeamman vailla suurtakaan eroa, mikä osoittaa asfaltin dispersion ja "hienojakoisten hiukkasten" peittymisen tehottomuutta kyllästetyllä höyryllä.

Koheesiometriarvo - Tässä vesiprosessi jälleen antoi paremmat tulokset kypsytyksessä tilassa, ja myös erityisen suuren säilymisen prosentteina, MVS-testin jälkeen.

Rajoittamaton puristuslujuus - Saatiin samanlaiset tulokset.

Permeabiliteetti - Vesiprosessi antoi paljon alhaisemman permeabiliteetin kuin molemmat muut näytteet, mikä jälleen osoittaa paremman dispersion edullisuutta.

Taulukko 4

Testi	Fi bitumia	Kyllästetty höyry- prosessi	Vesi- prosessi
Kolmen testibriketin keskimääräinen paino uusina, (g)	1126	1118	1146
" " korkeus " (sm)	6,32	6,25	6,30
" " tiheys " (kg/dm ³)	2,03	2,05	2,08
Keskimääräinen paino kypsytettynä tasapainokosteuteen 3 päivää 60°C:ssa (g)	1072	1072	1098
" kosteus kypsytettynä, %	1,6	2,5	2,1
Vastusarvot ennen ja jälkeen liotuskokeen (huoneen lämpöt.)			
Stabilometri PM 450 kg:n kuormalla	5, [±]	5,14	5,10
" " 900 " "	7, [±]	6,27	5,18
Siirtymä, kierrosta	5,68 [±]	3,08, 4,05	3,38, 4,0
Vastusarvo	90, [±]	95,75	96,83
Suhteelliset stabiliteettiarvot ennen ja jälkeen MVS-testin 60°C:ssa			
Stabilometri PH 450 kg:n kuormalla	6, 12	5, 17	5, 8
" " 900 " "	8, 24	7, 28	6, 12
" " 1350 " "	13, 39	10, 39	8, 18
" " 1800 " "	18, 60	14, 52	11, 26
" " 2250 " "	25, 82	23, 66	15, 37

30

57807

Taulukko 4 (jatkoa)

Siirtymä - kierrosta	5,08,	4,06	3,55,	4,43	3,10,	2,85
Relatiivinen stabiliteetti	40,	18	51,	20	64,	43
Lujuustestit						
Kohesiometriarvo	277, **		509,	48	709,	387
Puristuslujuus rajoittamattomana, - kp/cm ²	18,8, *		45,5	4,5	57,2	10,1
Vedenimeytymistulokset						
Turpoama, mm	0,48		0,43		0,076	
Permeabiliteetti, ml	500		450		210	
Kosteutta imeytyi liotustestissä, g	-		58		27	
" "	-		5,4		2,4	
" " MVS-testissä, g	81		60		19	
" " "	7,6		5,6		1,7	
Marshall-testin tulokset						
Maksimikuormitus, kg	2010		2270		2770	
Virtausarvo, mm	1,63		1,60		1,27	
Kosteuspitoisuus, %	1,2		1,6		1,3	

* Näyte luhistui liotustestin jälkeen

** Näyte luhistui MVS-testissä

Esimerkki 5

Tämä esimerkki havainnollistaa invertoidun emulsioon käyttämistä korkealaatuisten bitumivaahdon valmistamiseen erittäin yksinkertaisilla dispergoimislaitteilla. Käytetty emulsio on selitetty aikaisemmin, ja valmistettiin emulgoimalla vettä 55 paino-%:iin kevyttä voiteluöljyä käyttäen emulgaattorina 2 % glyserolimono-oleaattia ja hämmentäen suurella nopeudella, ilman lisähomogenoimista. Vesihiukkasten koko oli pääasiassa välillä 15-20 mikronia.

Emulsio ruiskutettiin 0,75 mm:n läpimittaisesta suutinaukosta bitumijohtoon heti aikaisemmin selitettyä tyyppiä olevan purkaussuuttimen ylävirran puolelle, jossa bitumi tulee tangentin suunnassa sylinterinmuotoiseen kammioon. Purkaussuuttimen ja emulsioon ruiskutus-suuttimen välissä ei ollut esisekoituslaitetta.

Koeolosuhteet ja saadut tulokset esitetään seuraavassa taulukossa kokeista, joissa käytettiin australialaisen standardin A10-1967 Class R90 mukaista bitumia.

Taulukko 5

Koeolosuhteet ja tulokset

Emulsioon lämpötila, °C	19
Emulsiovirta, g/min	21
Bitumin lämpötila, °C	163
Bitumivirta, g/min	2600
Veden ja bitumin paino- ja tilavuussuhde	1:93
Vaahdon tilavuus bitumigrammaa kohti, ml	20,0

Tämän vaahdon puolitus aika oli 2,5 minuuttia edellisissä esimerkeissä käytetyssä 2700 ml astiassa, mikä on samaa luokkaa kuin se, mikä saadaan kun yhtä suuresti paisutettuja vaahtoja valmistettiin samasta bitumista käyttäen tämän keksinnön mukaisesti vettä tai vettä ynnä höyryä. Järjestelmällä oli myös se haluttu ominaisuus, että vaahto kehittyi silmänräpäyksessä suuttimesta purkautuessaan.

Esimerkki 6

Tässä esimerkissä käytettiin edellä kuvion 13 yhteydessä selitettyä mekaanista dispergoimislaitetta, jonka muodostaa bitumin syöttöjohtoon vedenruiskuttimen ja yksinkertaisen purkaussuuttimen väliin sovitettu nopeakäyntinen potkuri, vaahdon valmistamiseen australialaisen standardin A10-1967 Class R90 mukaisesta bitumista. Käytetyssä suuttimessa ei ollut muuta leikkauslaitetta kuin huulenmuotoinen suutinaukko, jonka pituus oli 12,5 mm ja suurin leveys 3,3 mm. Tämä suutin oli mitoitettu niin, että siitä purkautui 18 litraa minuuti-

tissa tyypillistä R90 bitumia, 177°C:ssa, 0,84 atm. paineessa, jolloin virta sisääntulokohdasta suutinaukkoon on akselin suuntaisen.

Seuraava taulukko koskee tämän järjestelmän toimintaa.

Taulukko 6

Koeolosuhteet ja tulokset	
Bitumin lämpötila, °C	174
Bitumivirta, g/min	2800
Veden lämpötila, °C	14
Vesivirta, g/min	29
Veden suhde bitumiin (paino- tai tilavuus-)	1:97
Paine toiminnan aikana, atm.	0,84
Vaahdon tilavuus bitumigrammaa kohti, ml	15,2

Vahto kehittyi purkautuessaan silmänräpäyksessä.

Esimerkki 7

Tämä esimerkki osoittaa miten tehokkaasti ei-bitumiaine voidaan muuttaa suuresti paisutetuksi vaahdoksi tämän keksinnön mukaan, ja tämän vaahdon arvon aivan erilaisessa teollisessa sovellutuksessa kuin edellä selitetyissä hiukkasmuotoisen aineen käsittelyssä. Tämä esimerkki valaisee myös tämän keksinnön mukaisen vaahdonkehitysmenetelmän soveltamista vaahdon jakeluun suihkuputkesta, jona tässä tapauksessa on sopivasti sijoitetuilla poistorei'illä varustettu putki aikaisemmin selitettyjen purkaussuuttimien sijasta.

Tätä koetta varten käytetty vaahdonkehittämis- ja jakeluyksikkö koostui edellä selitetystä vedenruiskutussuuttimesta ja sitä seuraavasta Raschig-rengastäytteisestä esisekoituslaitteesta. Eräässä tällä yhdistelmällä ilman purkaussuutinta suoritettussa kokeessa edellä selitettyä kuumasulatetta "D" pumpattiin 2900 g/min vauhdilla 154°C:ssa ja vettä ruiskutettiin suhteessa 1:100, jolloin vaahdon paisuntasuhteeksi saatiin 18,7:1.

Toisessa kokeessa tämä vaahdonkehitysyksikkö kytkettiin välittömästi vaakasuoraan vaahdon "suihkuputkeen" putkikäyrällä. Suihkuputkena oli 50 sm:n pituinen, 12,5 mm:n läpimittainen, toisesta päästään suljettu putki, jonka alasivussa oli viisi tasavälimatkoin sovitettua purkausreikää, joiden läpimitat olivat 3,5-4,3 mm riippuen niiden etäisyydestä putken tulopäästä, kuten kuviosta 12 näkyy.

Kuumasulatetta "B" pumpattiin vaahdonkehittimeen 2600 g/min 160°C lämpötilassa ja vettä ruiskutettiin suhteessa 1:100 kuumasulatteeseen nähden. Vahto saatiin kehittymään ja jakautumaan erinomaisesti huolimatta luontaisista jäähtytys-, höyryn erottumis- ja

vaahdon sammumisprobleemoista, joita voi esiintyä laajassa jakelujärjestelmässä.

Tämän järjestelmän käyttökelpoisuuden osoittamiseksi vaahdotettua kuumaa sulatetta käytettiin maton alustan viimeistelykäsittelyyn. Tähän käytettiin viimeisteleमतöntä kappaletta nukkamattoa, joka koostui juuttikangasalustaan löysästi istutetuista akryylikuiduista. Normaalissa viimeistelyprosessissa alustalle kerrostetaan lateksia tai sen tapaista ainetta.

Tämä jälkikypsytyks eli -kovettaminen kiinnittää kuidut lujasti alustaan ja antaa aineelle samalla lujuutta, painoa ja kiinteyttä. Kuumasulatetta tiedetään käytetyn tähän tarkoitukseen, mutta niiden käyttöä on rajoittanut kerrostamisen äärimmäinen vaikeus.

Tässä kokeessa matto vedettiin nukkapuoli alaspäin vaahdon-suihkutusputken alitse sellaisella nopeudella, että kuumasulatetta kerrostui maton pohjaan 1,1 kg neliometriä kohti. Kerrostusyksikön jälkeen oli sovitettu kuumennettu kaavinterä, jota käytettiin kerrostetun aineen lopputasoitukseen (katso kuviota 12). Kerrostus saatiin tasaiseksi ja aine tunkeutumaan halutussa määrin alustan läpi, niin että kuidut sitoutuivat lujasti alustaan ja maton kiinteys ja tuntu paranivat paljon. Ilmeni selvästi, että tätä järjestelmää voidaan laajentaa niin, että sillä voidaan käsitellä niin suuria ainelevyksiä kuin halutaan.

Esimerkki 8

Tämä esimerkki osoittaa keksinnön mukaisen menetelmän ja laitteen kykyä saada aikaan erinomaisia vaahtoja laajalti vaihtelevista aineista. Aineeksi valittiin tässä tapauksessa seuraavan erittelyn mukainen polyetyleni.

Tiheys	0,92
Keskimääräinen molekyylipaino	2000
Sulamispiste, °C	104-108
Viskositeetti 60°C:ssa, cp	180
Neulan tunkeutuma 60°C:ssa	3-5

Vaahdotus suoritettiin tavanomaisella suuttimella, jossa voidaan käyttää kyllästettyä höyryä tai vettä ja sen apuna höyryä tai puristettuja kaasuja. Seuraavassa taulukossa 7 on esitetty yhteenveto tyypillisestä kokeesta.

Taulukko 7

Polyetyleenin lämpötila, °C	171
Polyetyleenivirta, g/min	2280

Veden lämpötila, °C	134
Veden ja polyetyleenin suhde	1:18
Vaahdon tilavuus ml polyetyleenigrammaa kohti	22

Vahto kehittyi toivottuun tapaan silmänräpäyksessä suuttimesta purkautuessaan. Voidaan todeta, että saavutetulla erittäin korkealla paisuntasuhteella kokonaistulos oli hyvin onnistunut.

Esimerkki 9

Tämä esimerkki osoittaa miten tehokkaasti vaahtosuhdetta voidaan säätää keksinnön mukaisilla keinoilla. Seuraavassa taulukossa 8 on lueteltu toimintaolosuhteet ja vaahtosuhteet, jotka on saatu järjestelmässä, jossa veden suhdetta bitumiin vaihdeltiin muuttamatta merkittävästi muita toimintatekijöitä. Tällöin käytettiin edellä selitettyä ruiskutuslaitetta ja Raschig-rengas-sekoituslaitetta yhdessä akselin suuntaista virtausta varten tarkoitetun, vähän leikkaavalla rakomaisella reiällä varustetun suulakkeen kanssa.

Taulukko 8

Bitumin lämpötila, °C	177	171	174	177	171
Bitumivirta, g/min	2800	2800	2800	2800	2800
Veden ruiskutuslämpötila, °C	15	13	13	13	13
Veden ja asfaltin painosuhte	1:100	1:200	1:300	1:400	1:500
Paine dispergoimisjärjestelmän tulopäässä, atm. ylip.	1,4	1,12	1,05	1,05	1,05
Vaahdon tilavuus cm ³ asfalttigrammaa kohti	18,2	8,0	6,3	4,1	3,3

Huomattakoon, että vaahtosuhteet ovat vain hiukan teoreettista pienempiä kaikissa tapauksissa, mikä osoittaa sekä vaahdotusprosessin tehokkuutta että hyvää vaahdon paisunta-asteen hallintaa.

Esimerkki 10

Tämä esimerkki valaisee korkeaviskoosin voiteluaineen vaahdotusta. Käytetty voiteluaine oli normaalia kaupallista tyyppiä, joka käytännössä tavallisesti laimennetaan jollakin liuottimella, tyypillisesti 10%:lla trikloorietyleeniä; tai joka lämmitetään ja jaetaan kohteisiin vielä korkeaviskoosissa tilassa.

Sen koostumus ja ominaisuudet olivat seuraavat:

Koostumus

Bitumia	93 paino-%
Lyijynaftenaattia	6 "
Kloorattua paraffiinivahaa	1 "

Ominaisuudet:

Lyijypitoisuus	1,5 paino-%
Klooripitoisuus	0,4 "
Viskositeetti 99°C:ssa	2900 cp

Tämä seos vaahdotettiin 149°C:ssa 1%:lla vettä käyttäen sarjaan kytkettyinä edellä selitettyä pientä ruiskutusaukkoa, Raschig-rengas-esisekoituslaitetta ja yksinkertaista suutinta, jossa virtaus on aksiaalinen ja aukkona suppeneva rako. Vaahdon paisuntasuhde oli 14:1 ja puolitusaika 0,7 minuuttia, mikä on hyvin sopivaa voitelutarkoituksiin. Vaahdotetun aineen tartunta korkeakiiltoiseen teräspintaan oli erinomainen.

Keksinnön mukaisella menetelmällä voidaan kehittää sopivaa suuruusluokkaa olevia vaahtosuhteita lukuisia erilaisia sovellutuksia varten, ja se tekee mahdolliseksi verraten suuressa määrin säätää kehitetyn vaahdon laatua sen stabiliteettiin ja yhdenmukaisuuteen nähden. Joskin tässä selityksessä on aikaisemmin mainittu, että tyydyttävä vaahdon ja perusaineen tilavuussuhteen yläraja on 20:1 täyteaineksen päällystystä varten, on huomattava, että suuremmatkin suhteet ovat mahdollisia ja itse asiassa saattavat olla edullisia eräissä sovellutuksissa. Yleensä kuitenkin voidaan todeta, että suuremmista suhteista kuin 20:1 ei ole mitään merkitsevää etua ja että niitä käytettäessä vaahdon stabiliteetti joskus huononee.

Useimpiin sovellutuksiin käytetään tavallisesti mieluummin vaahtosuhdetta, joka on vähintään 10:1, mutta on eräitä sovellutuksia, kuten ainerainojen päällystys, joissa niinkin alhaiset vaahtosuhteet kuin 2:1 voivat olla edullisia. Keksinnön mukaiselle menetelmälle on ominaista, että tällaisia tilavuudeltaan pieniä vaahtoja voidaan kehittää luotettavasti, ilman perusaineen atomisoitumista, ja vailla suurella nopeudella purkautumista, silloin kun tämä olisi haitallista. Näitä vaahtosuhteeltaan alhaisia vaahtoja voidaan helposti valmistaa pienentämällä haihtuvan nesteen ja perusaineen välistä suhdetta, esimerkiksi veden tapauksessa, joka voidaan vähentää arvoon 1:2000 tilavuusosaa.

Toinen tämän keksinnön hyödyllinen ominaisuus on se, että se antaa mahdollisuuden hallita vaahdon tekstuuria, jolla tarkoitetaan kuplamittoja ja kuplakoon yhdenmukaisuutta. Näillä on käytännöllistä merkitystä sikäli, että karkeampien vaahtojen kestoikä yleensä on lyhyempi (kun muut muuttujat pidetään vakioina) ja tämä voi olla joko epäkohta tai etu riippuen vaahdon käyttötarkoituksesta. Hienojakoisemmat vaahdot voivat olla myös sopivampia tunkeutumaan

pieniin aukkoihin, ja niillä saadaan suurin pinta-ala jos tämä on tärkeätä, kuten päällystettäessä mahdollisimman suuren alan peittämiseksi.

Kuplakokoa voidaan suurentaa ja vaahdon ikää lyhentää käyttämällä ylimäärää vaahdotusainetta (esim. vettä), ja sitä voidaan säätää vaihtelemalla dispergoitujen vesipisaroiden kokoa. Esimerkiksi kun veden suhde R90-bitumiin suurennettiin arvosta 1:100 arvoon 1:50 useissa kokeissa, vaahdon kestoikä aleni likimäärin puoleen. Tämä arvioitiin sen ajan mukaan mikä oli tarpeen 2700 ml vetoisen säiliön vaahtosisällön laskeutumiseen puoleen tilavuuteensa. Tyypillisiä arvoja olivat 2,5 ja vastaavasti 1,3 minuuttia.

Tämä keksintö kehitettiin vasta melkoisen kokeilun jälkeen, koska tyydyttävien, suuresti paisutettujen vaahtojen kehittäminen nimenaan kuumasta bitumista vaatii tälle aineelle ja sen sovellutukselle ominaisten probleemojen ratkaisemista. Vaahdot on esimerkiksi kehitettävä ja käytettävä korkeissa lämpötiloissa, tavallisesti 163°C :een kuumennetusta bitumista, ja tässä lämpötilassa monet fyysiset ominaisuudet muuttuvat vaahdon kehitykselle epäedullisiksi. Niinpä viskositeetti tulee verraten alhaiseksi ja olennaisesti Newton'in lakia noudattavaksi - esimerkiksi R90-bitumin viskositeetti 135°C :ssa on tyypillisesti 4 stokea.

Yleisestä vaahtoteoriasta ja käytännöstä on tunnettua, että ne tekijät, jotka kehittävät luonnostaan lyhytikäisiä vaahtoja, myös tekevät vaahdon kehittämisen vaikeaksi, ja on todettu, että hyvin lyhyt kestoikä on luonteenomaista bitumista korkeassa lämpötilassa kehitetyille vaahtoille. Tämä käy selvästi ilmi esimerkeissä 2 ja 3 tehdyistä havainnoista, joissa 2700 ml:n vetoinen säiliö täytettiin pitämällä sitä lähellä suuttimen purkausaukkoa jäähtymisen pienentämiseksi, jolloin vedellä kehitettyjen vaahtojen puolitusiät näissä kahdessa esimerkissä olivat 1 ja vastaavasti 1,5 minuuttia.

Samaan aikaan on monia tarkoituksia varten olennaista että vaahdot saadaan kehittymään hyvin korkealla paisuntasuhteella silmänräpäyksessä suuttimesta purkautuessaan. Tämä johtuu siitä, että lämpötilan aleneminen tulee hyvin jyrkäksi, jos vaahtosuihkun annetaan kulkea liian pitkälle ilman läpi.

Paitsi siitä syystä, että höyryn jäähtyminen kuplien sisässä saattaa vaahdon kutistumaan ja sitten lauhtumisen tapahtuessa luhistumaan, on yleensä välttämätöntä säilyttää vaahdon lämpö myös mahdollisimman hyvien olosuhteiden saamiseksi sen sekoittamista varten kylmään hiukkasmuotoiseen aineeseen. Eräissä tapauksissa ei itse asiassa kunnollista sekoittumista voida saada aikaan ellei suut-

timen purkausaukkoa sijoiteta melkein kosketukseen käsiteltävän aineen kanssa.

Toisena osoituksena silmänräpäyksellisen vaahdonkehityksen edullisuudesta on se, että se tekee mahdolliseksi tarkkaan säätää käsiteltävän alueen pinta-ala esimerkiksi kulkevia ainerainoja vaahdolla päällystettäessä.

Aikaisemmin on mainittu siitä, että viskoosien nesteiden muuttamisesta vaahdotuotoon on se tärkeä etu, että tässä muodossa niiden kerrostaminen monenlaisille aineille käy tehokkaammin ja kätevämmän kuin muilla keinoilla. Kulloisestakin käyttötarkoituksesta ja kulloinkin vaahdotettavasta aineesta riippuu missä viskositeetissa vaahdon käyttö tulee edulliseksi, ja yleensä on niin, että mitä suurempi aineen tai sen sulatteen viskositeetti on, sitä todennäköisemmin on edullista vaahdottaa se. Toisaalta, jos nyt kysymyksessä olevien aineiden viskositeetti on verraten alhainen, vaahdon kehittäminen käy vaikeaksi, niin että näistä kahdesta syystä on yleensä olemassa viskositeettitaso, jossa vaahdotus tulee sekä edulliseksi että mahdolliseksi. On kuitenkin huomattava, että kokeet ovat osoittaneet, että kun jollakin nimenomaisella materiaalilaadulla viskositeetin aleneminen tietyn tason alapuolelle tekee vaahdotettavuuden yhä huonommaksi, materiaalityypin vaihtaminen saattaa suuressa määrin muuttaa sitä viskositeettitasoa jolla vastaavat vaikutukset ilmenevät.

Esimerkiksi R90-bituminäyte, jonka viskositeetti oli 140 cp työlämpötilassa 160°C , antoi vaahdon paisuntasuhteeksi 19:1, kun 1% vettä ruiskutettiin höyryä avuksi käytävässä suuttimessa, kuten edellä on selitetty. Tämän aineen viskositeettia saatiin ensiksi huomattavasti alennetuksi keittämällä sitä palautusta käyttäen raskaan öljyn kanssa, tämän korkean paisuntasuhteen alenematta olennaisesti, nimenomaan alenematta normaalisti pehmeimmän tienpäällystysbitumin viskositeetin alapuolelle, jonka läpäisykyky 25°C :ssa on 200. Viskositeetin jatkuva alentaminen (mitattuna 160°C vaahdotuslämpötilassa) aiheutti kuitenkin vaahdotussuhteen kiihtyvää pienenemistä. Se pieneni esimerkiksi arvoon 10:1 viskositeetissa 23 cp 160°C :ssa. Huomattakoon, että tämä on vielä varsin käyttökelpoista vaahtoa.

Samanlaisia kokeita suoritettiin aikaisemmin selitetyllä kuumasulatteella "A" alentamalla sen viskositeettia vähitellen, lisäämällä sen sisältämän mikrokiteisen vahan osuutta. Alkuperäisessä muodossaan tämä kuumasulate, jonka viskositeetti oli suuruusluokkaa

170 cp 160°C:ssa, antoi tyypillisesti vaahdotussuhteeksi 20:1 siinä prosessissa mitä käytettiin. Tämä suhde putosi kuitenkin arvoon 10:1 kun viskositeetti alennettiin arvoon 74 cp 160°C:ssa, ja voidaan todeta, että tämä on yli 3-kertainen keitetyn bitumin viskositeettiin verrattuna, joka antoi samanlaisen vaahdon paisuntasuhteen. Vaahdon tuotantoon sopivaa minimiviskositeettia ei voida määritellä yhtenä suureena, koska se vaihtelee seuraavien suureiden mukaan:

- (a) haluttu vaahdon minimipaisuntasuhde
- (b) työlämpötila
- (c) vaahdotettavan aineen koostumus.

Pienin hyväksyttävä vaahdon paisuntasuhde riippuu varsin suuresti siitä, minkälaiseen tarkoitukseen se tulee käytettäväksi. Esimerkiksi maan stabiloimisessa ja muissa tehtävissä, joissa korkea-viskoosia ainetta on sekoitettava kylmään hienojakoiseen aineeseen, on yleensä edullista käyttää suuresti paisutettua vaahtoa, kuten tämän keksinnön mukaista tilavuudeltaan 15-20-kertaiseksi paisutettua vaahtoa.

Silloin kun vaahdotettavan aineen viskositeetti on verraten alhainen tai käsiteltävä aine on lämmintä tai kuumaa, vaahdon paisuntasuhteen ei tarvitse olla maksimitasolla, eikä myöskään silloin, kun suurille esineille kerrostetaan verraten paksuja päällysteitä.

Niissä tapauksissa, joissa vaahdon paisuntasuhde halutaan rajoittaa jollekin välitasolle aineella, joka muuten voidaan saada suuresti paisumaan, tämä voidaan helposti saada aikaan keksinnön mukaisilla säätökeinoilla, esimerkiksi säätämällä veden ja bitumin suhdetta niin kuin on mainittu esimerkissä 9.

Ihannetapauksessa olennaisesti silmänräpäyksellisesti korkealla paisuntasuhteella kehittyvien vaahtojen luotettavan valmistuksen edellytykset vettä vaahdotusaineena käyttäen, niin että vaahdon laatu ja sen ruiskutus voidaan kunnollisesti säätää, ovat seuraavat:

(i) täytyy olla saatavissa bitumia toimitettuna säädetyin virtausmäärin sopivaan sekoituskammioon, joka selitetään jällempänä;

(ii) täytyy olla saatavissa vettä toimitettuna säädetyin virtausmäärin mainitussa sekoituskammiossa tai sitä ennen olevaan kohtaan, jolloin vesivirran suhde bitumivirtaan on ainakin yhtä suuri kuin se teoreettinen minimi, joka on tarpeen vaahdon ja bitumin välisen halutun tilavuussuhteen aikaansaamiseksi halutussa lämpötilassa, tai jonkin verran suurempi kuin tämä;

(iii) bitumin lämpötilan on oltava sellainen, että bitumi sisältää riittävästi lämpöä ainakin kohdassa (ii) edellä mainitun teoreettisen vesimäärän höyrystämiseen ja halutun tasoisen lämpötilan antamiseen saadulle vaahdolle, joka lämpötila on huomattavasti korkeampi kuin paisutetun vaahdon sisältämän höyryn lauhtumislämpötila, ja nimenomaan riittävän korkea ylläpitämään sopivaa juoksevuutta sen sekoitus- tai päällystysprosessin aikana, johon vaahto käytetään;

(iv) sekoituskammion on oltava laite, jolla vesi saadaan hallitusti dispergoiduksi bitumiin, niin että vesi hajoaa tarpeeksi pieniksi hiukkasiksi, jotta sen höyrystyessä saadaan tyydyttävää kokoa olevia kuplia, veden lämpötilan samalla nopeasti noustessa pisteeseen, jossa saadaan olennaisesti silmänräpäyksellisesti kehittymään haluttu vaahdon ja bitumin välinen tilavuussuhde seoksen purkauksessa vaahdotusjärjestelmän purkausaukosta, jolloin hiukkaset eivät kuitenkaan saa olla niin hienoja, että vapaata höyryä kehittyy liian aikaisin, ja

(v) bitumin ja veden ja höyryn tai kaasun, jos näitä käytetään kantajina, virtausnopeudet on aseteltava niin, että vaahdolle saadaan tarpeellinen purkautumisnopeus, jotta sen ruiskuttaminen käsiteltäville tai käsiteltäviin aineisiin helpottuu.

Keksintöä selitettäessä on sanottu, että vaahdotus tapahtuu "perusaineen ja haihtuvan vaahdotusaineen seoksen purkautumisen aikana purkausaukosta" tai "kun perusaineen ja haihtuvan vaahdotusaineen seos purkautuu purkausaukosta". Nämä ja niiden tapaiset selityksessä ja seuraavissa patenttivaatimuksissa esiintyvät lausumat on ymmärrettävä laajasti, koska kokeilla ei ole saatu sitovasti määritetyksi vaahdon muodostuksen alkamisen tarkkaa ajankohtaa. Näyttää siltä, että ainakin osa vaahdonmuodostumisesta tapahtuu purkaussuuttimesta poistumisen hetkellä, mutta mahdollista on, että jonkin verran vaahdonmuodostusta itse asiassa tapahtuu jo suuttimen sisässä vieläpä sekoituskammion (tai muun ympäröivän kappaleen kuten johdon) sisässä ennen kuin aine varsinaisesti tulee purkaussuuttimen sisään.

Edellä esitetyt bitumin vedellä vaahdottamista koskevat periaatteet koskevat muiden viskoosien aineiden vaahdottamista, joihin vesi on olennaisesti liukenmatonta ja muidenkin haihtuvien aineiden kuin veden käyttöä bitumin ja muiden viskoosien aineiden vaahdottamiseen, joihin nämä nesteet ovat olennaisesti liukenematomia.

Edellä olevasta selityksestä ja esimerkeistä käy selvillä, että tämä keksintö pystyy tyydyttämään kaikki edellä mainitut

edellytykset ja niin ollen tekee mahdolliseksi kätevästi valmistaa käyttökelpoista vaahtoa.

Vihdoin on huomattava, että edellä selitettyihin rakenteisiin ja osien sovitukseen voidaan tehdä monenlaisia muutoksia, modifikaatioita ja/tai lisäyksiä poikkeamatta keksinnön hengestä ja puitteista.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä vaahdotetun aineen valmistamiseksi dispergoimalla haihtuvaa nestettä olevaa vaahdotusainetta perusaineeseen kohotetussa paineessa, jolla perusaineella on riittävän korkea lämpötila nesteen haihduttamiseksi täydellisesti ilmakehän paineessa, ja sen jälkeen alentamalla paine vaahdon muodostamiseksi, t u n n e t t u siitä, että bitumia olevaan perusaineeseen lisätään haihtuvana nesteinä vettä, jolloin painosuhte vesi:asfaltti on 1:5 - 1:150.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että lisäksi käytetään dispergoimisainetta veden hajoittamiseksi pieniksi pisaroiksi.
3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että dispergoimisaineena käytetään vesihöyryä.
4. Jonkin patenttivaatimuksen 1-3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että vettä lisätään perusaineeseen öljy-vedessä-emulsiona, jossa vesi muodostaa jatkuvan faasin ja perusaineen modifiointiaineiden luokkaan kuuluvat aineet, kuten esimerkiksi vahat, muodostavat dispergoidun faasin.

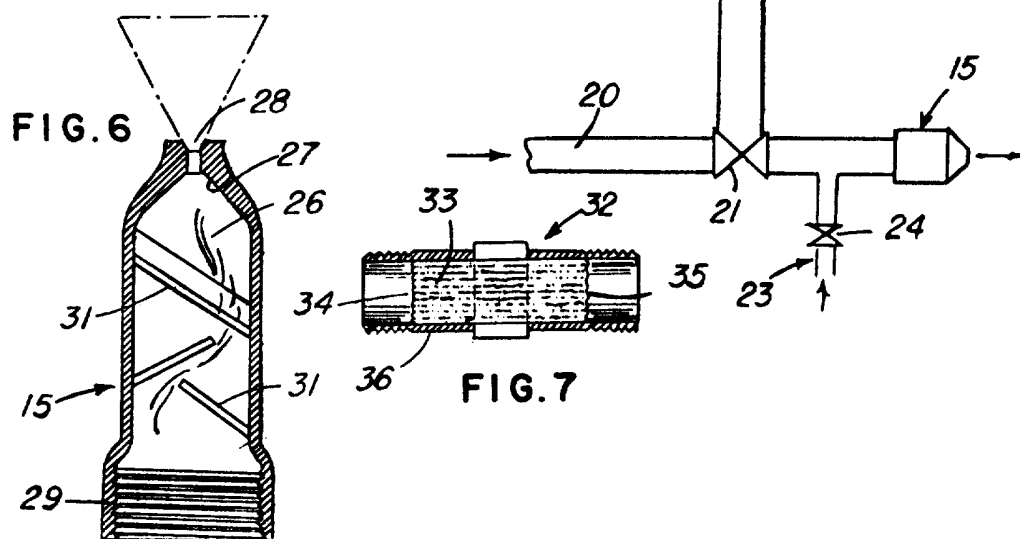
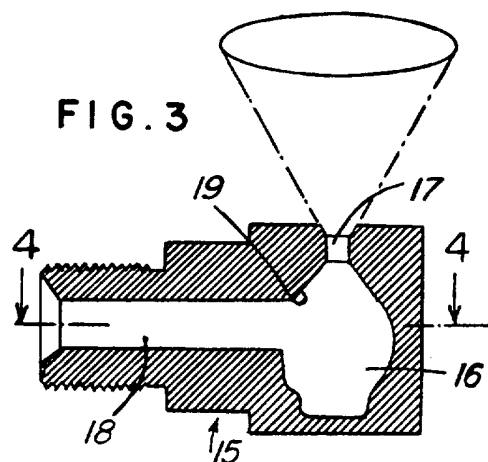
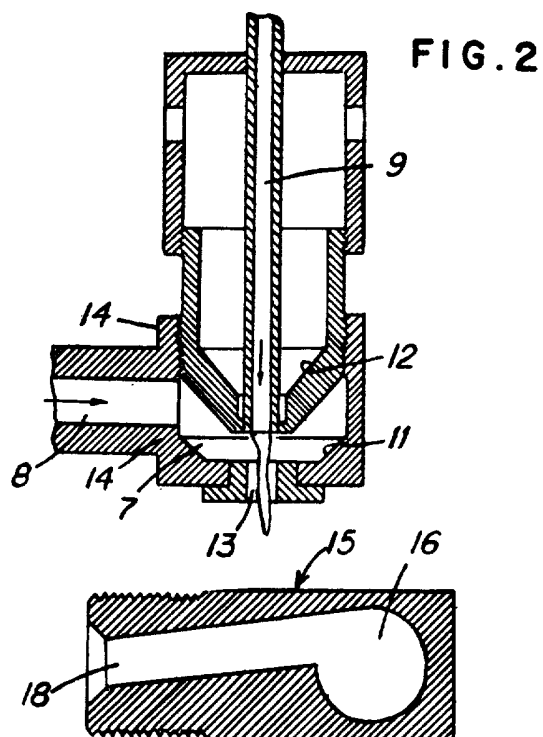
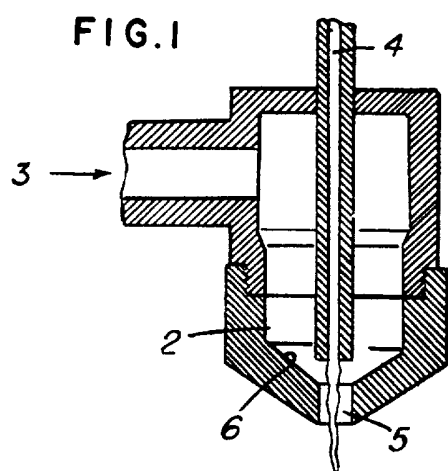
Patentkrav

1. Förfarande för framställning av en skummat material genom dispergering av ett i form av en flyktig vätska föreliggande skumningsmedel i grundmaterialet under förhöjt tryck, vilket grundmaterial har en för fullständig förångning av vätskan vid atmosfärtryck tillräckligt hög temperatur, och därefter skeende avlastning av trycket under bildning av ett skum, k ä n n e t e c k n a t av att i det i form av ett bituminöst material föreliggande grundmaterialet tillsättes vatten i ett viktförhållande vatten:asfalt av 1:5 - 1:150.
2. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t av att man därtill använder ett dispergeringsmedel för att sönderdela vattnet till fina droppar.
3. Förfarande enligt patentkravet 2, k ä n n e t e c k n a t av att man använder vattenånga som dispergeringsmedel.
4. Förfarande enligt något av patentkraven 1-3, k ä n n e t e c k n a t av att vattnet tillsättes i grundmaterialet i form av en olja-i-vatten-emulsion, i vilket vattnet bildar den kontinuerliga fasen och till klassen av modifieringsmedel för grundmaterialet hörande material, såsom exempelvis vaxer, bildar den disper-sa fasen.

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

Kuulutusjulkaisuja:-Utläggningsskrifter: Saksan Liittotasavalta-Föbundsrepubliken Tyskland(DE) 1 240 275 (C 08 F).

Patenttijulkaisuja:-Patentskrifter: Saksan Liittotasavalta-Föbundsrepubliken Tyskland(DE) 710 681 (E 01 C 7/22), 536 712 (80 b 25). USA(US) 2 917 395 (106-122).



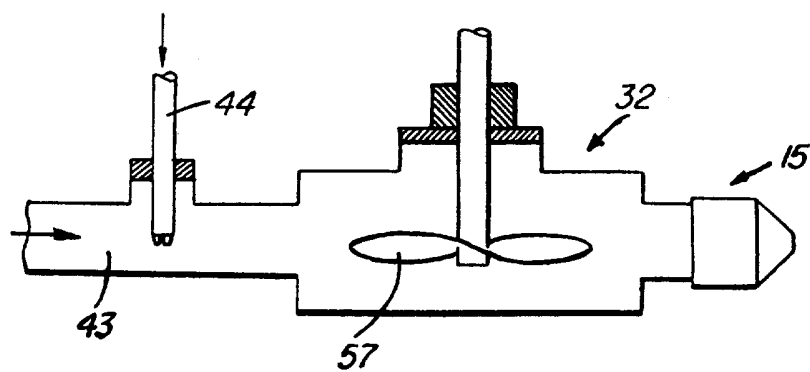
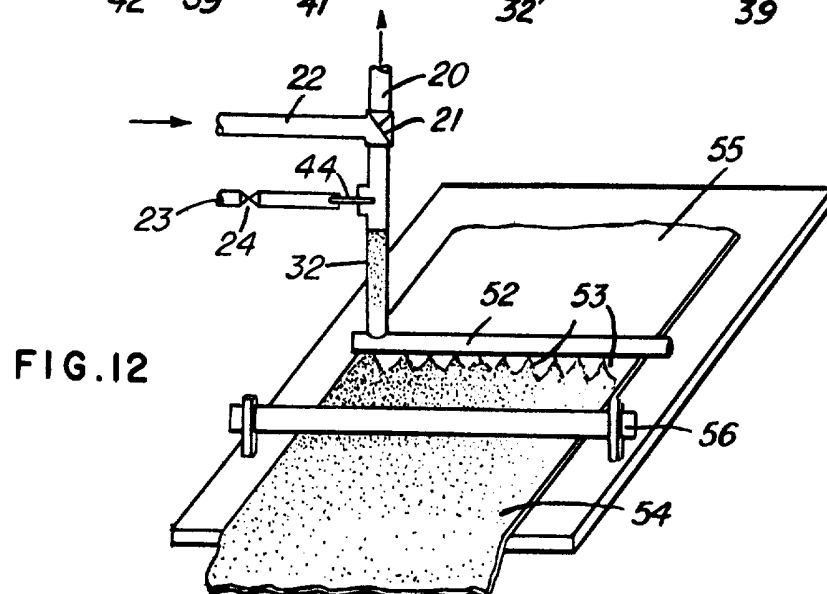
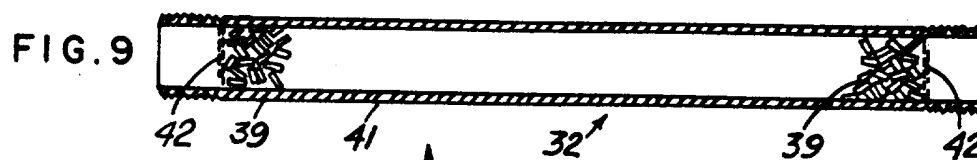
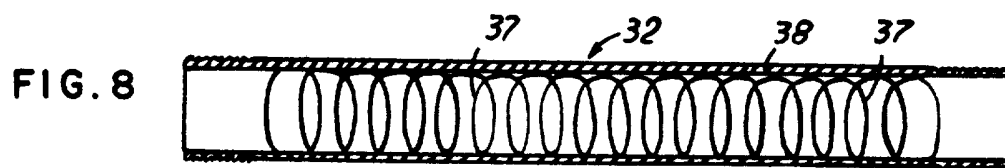


FIG. 13

