



C (45) Patenti on julkaistu
Patent - Utläggning 10.11.1989

(51) Kv.lk.⁴/Int.Cl.⁴ C 03 B 37/012 // H 05 B 6/78

SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(21)	Patentihakemus - Patentansökning	852616
(22)	Hakemispäivä - Ansökningsdag	02.07.85
(23)	Alkupäivä - Giltighetsdag	02.07.85
(41)	Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	04.01.86
(44)	Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	28.02.89
(86)	Kv. hakemus - Int. ansökan	
(32)(33)(31)	Pyydetty etuoikeus - Begärd prioritet	03.07.84
	03.06.85 Ruotsi-Sverige(SE) 8403529-4, 8502746-4	
	Toteennäytetty-Styrkt	

(71) Stiftelsen Institutet för Mikrovågsteknik vid Tekniska Högskolan i Stockholm, Box 70033, Stockholm, Ruotsi-Sverige(SE)

(72) Yngve Hässler, Lidingö, Ruotsi-Sverige(SE)

(74) Berggren Oy Ab

(54) Menetelmä paksuseinäisten lasiputkien lämmittämiseksi sekä laite -
Förfarande för uppvärmning av tjockväggiga glaströr, jämte anordning

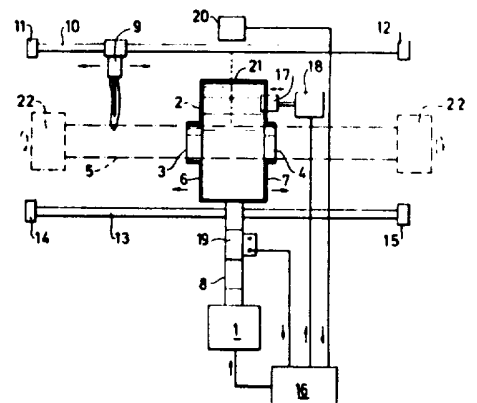
(57) Tiivistelmä

Menetelmä paksuseinäisten lasiputkien etenkin optisten kuitujen valmistukseen käytettävien kvartsiputkien lämmittämiseksi käyttämällä hyväksi mikroaaltoenergiaa. Keksinnön mukaan putki (5) saate-
taan esilämpimään, edullisesti kaasuliekkin avulla sinänsä tunnetulla tavalla noin 1000°C-1500°C:n lämpötilaan, minkä jälkeen putki saatetaan lämpiämään mikroaaltoenergian avulla, jota kehittää mikroaaltogeneraattori, viemällä putki (5) aksiaalisesti mikroaaltokaviteetin (2) sisään, jonka molemmissa päädyissä (6,7) tai päätypinnoissa on aukot (3,4) putkea varten, jolloin sähkökentän voimakkuudelle annetaan kenttäkuvio, johon kuuluu vain tangenti-
aalinen komponentti, TE_{01n}-moodin, edullisesti moodin TE₀₁₁ mukaan, jolloin sähkökenttä muodostuu sellaiseksi, että se on tangenti-
aalinen putken (5) pintojen kanssa, ja sellaiseksi, että sähkökentän voimakkuus on nolla kaviteetin (2) pintojen vieressä. Keksintöön kuuluu myös mainitun menetelmän toteutukseen käytettävä laite.

(57) Sammandrag

Förfarande för uppvärmning av tjockväggiga glaströr särskilt kvartsrör för framställning av optiska fibrer, under utnyttjande av mikro-
vågsenergi. Enligt uppfinningen bringas röret (5) att förvärmas, företrädesvis medelst en gaslåga på i och för sig känt sätt till en temperatur av omkring 1000°C-1500°C, varefter röret bringas att uppvärmas medelst mikrovågsenergi, vilken alstras av en mikrovågs-
generator, genom att röret (5) axiellt införes i en mikrovågs-
kavitet (2) innefattande öppningar (3,4) i dess båda gavlar (6,7) eller ändytor för röret (5), varvid den elektriska fältstyrkan ges en fältbild innefattande endast en tangentiell komponent, enligt TE_{01n}-mod, företrädesvis enligt moden TE₀₁₁, varigenom det elektriska fältet blir så utformat att detta är tangentiellt med rörets (5) ytor och så utformat att den elektriska fältstyrkan är noll invid kavitetens (2) ytor.

Uppfinningen innefattar även en anordning för utförande av nämnda förfarande.



Menetelmä paksuseinäisten lasiputkien lämmittämiseksi sekä laite

Esillä oleva keksintö kohdistuu menetelmään ja laitteeseen paksuseinäisten lasiputkien, etenkin optisten kuitujen valmistukseen käytettävien kvartsiputkien valmistamiseksi.

Optisten kuitujen valmistuksessa lähdetään erään menetelmän mukaan lasiputkesta. Lasiputken sisäseinälle kerrostetaan puhdasta SiO_2 :a sisältävä kerros. Tietyissä kerroksissa kerrostetaan myös germaniumoksidia GeO_2 kyllästysaineena.

Tämä tapahtuu päästämällä SiCl_4 :a ja happikaasua O_2 putken sisään yhdessä GeCl_4 :n kanssa. Tällöin putken sisäisivulle saostuu SiO_2 :a ja GeO_2 :a. Jotta nämä reaktiot tapahtuisivat, on putken sisätila kuumennettava noin 1400°C :een. Tämä tapahtuu tavallisesti siten, että poltin kulkee putken koko pituutta pitkin putken pyöriessä sen akselin ympäri. Ensin viedään sisään SiCl_4 :a ja O_2 :a, jolloin SiO_2 saostuu ja muodostaa huokoisen kerroksen. Polttimen kulkiesä tämän huokoisen kerroksen ohi tämä sintrautuu kokoon läpinäkyväksi SiO_2 :ksi. Tämä kerrostus toistetaan, minkä jälkeen GeCl_4 :a sekoitetaan SiCl_4 -kaasuun, niin että muodostuu oikea ns. indeksi-profiili. Normaalisti kerrostusvaiheen aikana levitetään 30-100 kerrosta. Kerrostusvaiheen ja sintrausvaiheen jälkeen polttimen lämpötilaa nostetaan, niin että putki kuumenee n. 2200°C :een. Tässä lämpötilassa putki vetäytyy kokoon pintajännityksen vaikutuksesta. Polttimen parin läpikulun jälkeen putki muodostaa sauvan eli ns. aihion, josta voidaan vetää optinen kuitu.

Eräs tunnettu tapa lisätä nopeutta kerrostusvaiheen aikana on lähettää käämin avulla putken ympäri suurtaajuusenergiaa, esimerkiksi taajuudella 3-4 MHz, jolloin putken sisään muodostuu plasma, jonka lämpötila on n. 10000° .

Polttimen täytyy seurata käämiä, jotta kerrostunut aine sintrautuisi.

Toinen tunnettu tapa on putken paineen alentaminen noin 10 mbaariin ja kehittää kenttä mikroaaltoenergialla, niin että putken sisällä

olevassa kaasussa syntyy ylilyönti, jolloin muodostuu alhaisen lämpötilan omaava plasma ilman, että putkea lämmitetään suoraan mikroaaltoenergialla.

Tuotannon maksimoimiseksi halutaan osaksi lyhentää kunkin osaprosessin vaatimaa aikaa eli kerrostus-, sintraus- ja kokoonvetäytymisaikaa ja osaksi suurentaa aihion kokoa valmisteluaikojen vaikutuksen pienentämiseksi. Luonnollinen tapa suurentaa aihion kokoa on käyttää lähtökappaleina suurempia ja paksumpia putkia. Stabiilin kokoonvetäytymisen toteutus on kuitenkin vaikeaa ja toisalta kokoonvetäytymisaika voi pidentyä suhteettomasti, koska kvartsilasi on erittäin huono lämmönjohdin. Jotta kokoonvetäytymisen tapahtuisi, on putken oltava tasalämpöinen noin 2200 C:n lämpötilassa.

Kaikki tunnetut prosessit suoritetaan siten, että putki lämmitetään kaasuliekeillä tarvittavaan lämpötilaan.

Kaikki menetelmät ovat sen tähden riippuvaisia lasin huonosta lämmönjohtokyvystä.

Esillä oleva keksintö ratkaisee tämän ongelman täysin ja tarjoaa menetelmän, jossa lasiputki lämmitetään nopeasti ja tasaisesti poikkileikkauspinnan yli.

On ennestään tunnettua käyttää mikroaaltoenergiaa lasiputkien lämmittämiseen. Tällaisia menetelmiä on selostettu esim. julkaisuissa FR-2 249 847 ja FR-2 288 958. Kyseiset patentit eivät kuitenkaan selosta miten lämmitetään hyvin pienen häviökertoimen omaavaa lasiputkea, vaan ne viittaavat materiaaleihin, joilla on korkea häviökerroin, niin että ne voidaan esim. FR-2 249 847 mukaan lämmittää mikroaaltoenergialla suoraan huoneenlämpötilasta, ja FR-2 288 958 mukaan voidaan käyttää TM-010-aaltoa.

Nykyaikaiset kuitujen valmistukseen käytetyt kvartsiputket ovat hyvin puhtaita sekä pienihäviöisiä. Esim. TM-010-muodon käyttö - jopa esilämmitykselläkin - ei onnistu, koska putkeen ei voida

syöttää riittävästi tehoa ilman että syntyy läpilyöntejä putken ulko- ja/tai sisäpuolella. Tällaisten kvartsimateriaalien lämmittämiseen liittyvät ongelmat ratkaistaan esillä olevalla keksinnöllä.

Keksinnön kohteena on, kuten jo on esitetty, menetelmä sekä laite putken lämmittämiseksi mikroaaltoenergialla. Putki lämmitetään tällöin nopeasti ja tasaisesti poikkileikkauspintansa yli. Putken poikkileikkauspinnan yli ei siis tarvita lämpötilagradienttia putken läpilämmittämiseksi sen ulkosivulta sen sisäisivulle. Tunnetussa pintalämmityksessä ulkopinta voi saada liian korkean lämpötilan, ennen kuin sisäpinta on saavuttanut kokoonvetäytymislämpötilan.

Lisäksi esillä olevan keksinnön mukaisesti välttytään kaasuliekin likaavalta vaikutukselta samoin kuin sen paineelta.

Tässä tarkoitettua tyyppiä olevan lasiputken mikroaaltoenergia-
lämmityksessä esiintyy kuitenkin ongelmia.

Kehitetty teho aineessa voidaan ilmaista

$$P_f = 1/2 \cdot \omega \cdot \epsilon \cdot \tan \delta \cdot \int_V E^2 dV, \text{ jossa}$$

P_f on kehitetty teho, ω on kulmanopeus, ϵ on dielektrisyysvakio, E on sähkökentän voimakkuus, V on tilavuus ja $\tan \delta$ on dielektristen häviöiden mitta.

Lasin $\tan \delta$ -arvo on pieni, minkä vuoksi se ei ota vastaan riittävästi energiaa. Pienen $\tan \delta$ -arvon kompensoimiseksi voidaan sähkökentän voimakkuutta E lisätä. Tätä rajoittaa kuitenkin se, mitä putkea ympäröivä kaasukehä sietää, ennen kuin muodostuu ylilyöntiä ja plasmaa. Yllä mainitussa tunnetussa menetelmässä putken sisäosan lämmittämiseksi mikroaaltoenergialla tällainen ylilyönti tapahtuu putken sisäisessä kaasukehässä, jolloin mainittu plasma muodostuu.

Kun kvartsia lämmitetään mikroaaltoenergialla, ei sähkökenttää saa muodostaa muodoltaan ja suuruudeltaan sellaiseksi, että sähköyli-lyöntiä ts. ionointia tai plasman muodostusta tapahtuu ympäröivän kaasun missään kohdassa. Tällaisen ylilyönnin tapahtuessa ei nimittäin mikroaaltoenergiaa voida muuntaa suoraan lämmöksi kvartsin sisällä.

Kvartsiputken onnistunut lämmitys mikroaaltoenergialla ei näistä syistä ole tähän asti ollut mahdollista.

Esillä oleva keksintö kohdistuu menetelmään sekä laitteeseen, joiden avulla paksuseinäinen kvartsiputki voidaan lämmittää taiseisesti ja joissa vältytään sähköyli-lyönneiltä.

Esillä olevan keksinnön kohteena on siis menetelmä paksuseinäisten lasiputkien, etenkin optisten kuitujen valmistukseen käytettävien kvartsiputkien lämmittämiseksi, joka käsittää putken esilämmittämisen käyttämällä hyväksi mikroaaltoenergiaa, jolloin putki esilämmitetään, edullisesti kaasuliekin avulla, sinänsä tunnetulla tavalla noin 1000°C - 1500°C :n lämpötilaan, minkä jälkeen putkea lisäksi lämmitetään mikroaaltogeneraattorin kehittämän mikroaaltoenergian avulla viemällä putki aksiaalisesti aksiaalisymmetrisen mikroaaltokaviteetin sisään, jonka molemmissa sivupinnoissa tai päätypinnoissa on sisäänvientiaukot putkea varten, ja menetelmälle on tunnusomaista, että sähkökentän voimakkuudelle annetaan kenttäkuva, johon kuuluu vain θ -komponentti θ , r , Z -järjestelmässä, missä Z -suunta yhtyy kaviteetin symmetria-akseliin, joka kenttäkuva on TE-01n -moodin, edullisesti moodin TE-011 mukainen, jolloin sähkökenttä muodostuu sellaiseksi, että se on tangentialinen putken pintojen kanssa, ja sellaiseksi, että sähkökentän voimakkuus on nolla kaviteetin pintojen vieressä.

Lisäksi keksinnön kohteena on patenttivaatimuksessa 8 esitettyä tyyppiä oleva laite, jolle on tunnusomaista se, että sähkökentän voimakkuuteen kuuluu vain θ -komponentti θ , r , Z -järjestelmässä,

jossa Z-suunta yhtyy kaviteetin symmetria-akseliin, joka kenttäkuva on TE-01n-moodin, edullisesti moodin TE-011, mukainen, jolloin sähkökenttä muodostuu sellaiseksi, että se on tangentialinen sisäänviedyn putken pintojen kanssa, ja sellaiseksi, että sähkökentän voimakkuus on nolla kaviteetin pintojen vieressä.

Esillä olevaa keksintöä selitetään seuraavassa lähemmin osaksi oheisissa piirustuksissa esitettyihin suoritusmuotoihin liittyen, jolloin

kuvio 1 esittää kenttäjakautumaa kaviteetissa, jonka sisään on pistetty kvartsiputki,

kuvio 2 esittää keksinnön mukaisen laitteen lohkokaaaviota,

kuvio 3 esittää keksinnön mukaisen kaviteetin leikkausta, ja

kuvio 4 esittää kaaviollisesti ehjällä viivalla esitettyä käyrää, joka koskee kehitettyä lämpötehoa kaviteetissa olevan putken tilavuusyksikköä kohti kaviteetin pituutta vasten, kun erilaisia kaviteetteja käytetään.

Kuviossa 2 esitetään keksinnön mukainen laite. Laitteeseen kuuluu mikroaaltogeneraattori 1, joka on edullisesti sovitettu kehittämään mikroaaltoenergiaa, jonka taajuus on 2450 MHz. Edelleen laite käsittää mikroaaltokaviteetin 2, 2', johon kuuluu metallikaviteetti, jossa on keskisesti sijoitetut reiät 3, 4, 3', 4' lasiputken 5 viemiseksi sen molempien sivupintojen 6, 7, 6', 7' tai päätypintojen läpi. Mikroaaltogeneraattori on eristimen käsittävällä aaltojohtimella 8 kytketty kaviteetin 2 sisään. Lisäksi on olemassa lasiputken 5 esilämmitystä varten laite, joka käsittää tähän tarkoitukseen tunnettuja välineitä. Erään suoritusmuodon mukaan käytetään kaasupoltinta 9, joka on sovitettu kulkemaan lasiputkea 5 pitkin ohjainta 10, kuten laakeroitua 11, 12 ja käytettyä ruuvisyöttölaitetta pitkin. Putken päälle voidaan sen sijaan sijoittaa kerros, jolla on suuret dielektriset häviöt, jolloin mikroaaltoenergiaa voidaan käyttää esilämmitykseen.

Myös mikroaaltokaviteetti 2, 2' siihen liittyvine varusteineen on

sovitettu kulkemaan lasiputkea 5 pitkin ohjaimen 13, kuten laakeroidun 14,15 ja käytetyn ruuvisyöttölaitteen avulla.

Laitteessa on ohjausyksikkö 16, joka on erään suoritusmuodon mukaan sovitettu ohjaamaan mekaanista elintä, kuten dielektristä kappaletta 17, joka on siirrettävissä servoelimen 18, esimerkiksi servomoottorin avulla, kaviteetin 2,2' sisätilaan ja ulos siitä ja tällöin säätämään kaviteetin resonanssitaajuutta lasiputkella kuormitetussa tilassa, niin että tämä on sama kuin mikroaaltogeneraattorin taajuus. Kyseinen resonanssitaajuus riippuu kaviteetin geometrisen muodon lisäksi lasiputken geometriasta ja sen lämpötilasta.

Toisen suoritusmuodon mukaan ohjausyksikkö 16 on sovitettu ohjaamaan mikroaaltogeneraattorin 1 taajuutta, niin että tämä on sama kuin kaviteetin resonanssitaajuus lasiputkella kuormitetussa tilassa.

Mainitun ohjausyksikön oloarvon muodostaa mikroaaltogeneraattorin ja kaviteetin väliin kytketystä suuntakytkimestä 19 tuleva signaali. Suuntakytkimen 19 antama signaali vastaa kaviteetissa 2,2' heijastuneen tehon määrää. Ohjaamalla elintä 17,18 tai vaihtoehtoisesti mikroaaltogeneraattorin taajuutta säädetään ao. taajuus siten, että kaviteetin resonanssitaajuus kuormitetussa tilassa on sama kuin mikroaaltogeneraattorin taajuus. Kriteerinä on tällöin se, että heijastunut teho on minimoitava.

Lämmitettäessä lasiputkea, jota käytetään optisten kuitujen valmistukseen ja joka on puristettava kokoon, on tarkka lämpötilan valvonta välttämätön. Tähän tarkoitukseen on olemassa lämpötilaa tunusteleva elin, joka on sijoitettu kaviteetin 2,2' viereen tai sen sisään ja sovitettu antamaan ohjausyksikköön 16 signaalin, joka vastaa lasiputken 5 lämpötilaa.

Kaviteetin 2,2' ulkopuolelle on edullisesti sijoitettu infrapunasäteilylle herkkä elin 20, jota putki valaisee kaviteetin vaippapinnassa olevan reiän 21 kautta.

Ohjausyksikkö on myös sovitettu mainitusta lämpötilasta ja ohjaus-

yksikköön syötetyistä asetusarvoista riippuen ohjaamaan mikroaaltogeneraattorin 1 tehoa.

Lasiputki 5 on sopivasti kiinnitetty ns. lasisorviin 22, joka on sovitettu pyörittämään lasiputkea akselinsa ympäri.

Mikroaaltogeneraattori 1 on kytketty kaviteettiin siten, että sähkökentän voimakkuuteen tulee kuulumaan vain tangentiaalinen komponentti, katso kuviota 1, TE-01n-moodin mukaan. Edullisesti valitaan moodi TE-011, minkä ansiosta sähkökentällä on vaihtelu vain Z-suunnassa, ts. kaviteetin pituusakselin suuntaisesti. Tämän ansiosta sähkökenttä muodostuu sellaiseksi, että se on tangentiaalinen sisään viedyn kvartsiputken 5 pintojen kanssa, ja sellaiseksi, että sähkökentän voimakkuus on nolla kaviteetin pintojen vieressä.

Tämän moodin avulla sähkökenttä on vapaasti leijuva ilmassa ja nolla kaikkialla metallin vieressä.

Kuvioon 1 on piirretty sähkökentän voimaviivat osaksi näiden tangentiaalisen suunnan havainnollistamiseksi ja osaksi sen havainnollistamiseksi, että kentällä on maksimi aivan kaviteetin molempien sisäpintojen 6,7 keskivälillä. Säteen suunnassa kentänvoimakkuus on nolla kaviteetin keskipisteessä, ts. pitkin Z-akselia, sekä nolla lähellä kaviteetin vaippapintaa. Säteen suunnassa kentän maksimi sijaitsee Z-akselista etäisyydellä, joka vastaa kaviteetin säteen puolikasta. Lisäksi kentänvoimakkuus ei vaihtele ϕ -suunnassa.

Tämän moodin ansiosta ylilyöntejä ei synny kaviteetin metallipintojen kohdalla eikä reikien 3, 4 vieressä. Reiät eivät nimittäin mainittavasti häiritse kenttäkuvaa eikä reikien kohdalla muodostu kenttäkonsentraatioita.

Paksuseinäisten lasiputkien takia saadaan sähkökenttä, jolla on suuri arvo lasin sisällä ja pienempi arvo ulkopuolella. Paksuseinäisten lasiputkien käyttö ei ole edullista ainoastaan tuotannon kannalta, vaan sen ansiosta lasiputki myös viilenee hitaammin mainitun esilämmityksen jälkeen kuin jos käytettäisiin ohutseinäisiä lasiputkia.

On edullista olla käyttämättä alipainetta lasiputkea ympäröivässä kaasukehässä, koska tämä helpottaa oleellisesti ylilyöntejä. Ilma-kehän paine on osoittautunut sopivaksi.

Rakentamalla laite esitetyllä tavalla ja valitsemalla TE-01n-moodi välttytään ylilyönneiltä huomattavassa määrin. Kentän voimakkuutta E voidaan tällöin siis edellä esitetyn kaavan mukaan suurentaa huomattavasti ilman, että ylilyöntejä esiintyy.

Esillä olevan keksinnön mukaan lasiputki esilämmitetään ensin tunnetulla laitteella, kuten kaasupolttimella noin 1000°C - 1500°C :n lämpötilaan.

Dielektriset häviöt lasissa lisääntyvät nimittäin huomattavasti huoneen lämpötilasta aina 1000°C - 1500°C :een asti. Tekijä $\tan \delta$ suurenee niin ollen huomattavasti, ja samalla voidaan sähkökentän voimakkuutta kentän muodon ansiosta suurentaa ilman, että ylilyöntejä esiintyy, jolloin lasiputki voidaan lämpötilassa 1000°C - 1500°C edullisesti lämmittää mikroaaltoenergialla.

Mikroaaltokaviteetti on ensimmäisen suoritusmuodon mukaan sylinterimäinen ja tehty metallista, ja sen molemmissa sivupinnoissa 6,7 on, kuten mainittiin, aukot, joiden läpi lämmitettävä putki viedään sisään aksiaalisesti, katso kuviota 1.

Tällöin on kuitenkin sellaisen tehon syöttömahdollisuus kaviteettiin rajoitettu, että putkessa saavutetaan korkea lämpötila aiheuttamatta sähköylilyöntejä.

Tämä rajoitus johtuu osaksi siitä, että lämmön poisjohto lämmitystä putkesta on suuri, ja osaksi siitä, että kaviteetin läpikulun aikana putken suhteen kuuma osa siirtyy kaviteetin toista päätä kohti, jolloin sähkökenttää käytetään lämmittämään jo lämmitettyä putkea suuremmassa määrin kuin on toivottavaa. Tällöin on vaikeaa syöttää riittävän suurta tehoa kaviteetin keskiosaan, jossa putken lämmitettävä osa sijaitsee, ilman että syntyy sähköylilyönti.

Tästä syystä mikroaaltokaviteetti on toisen edullisen suoritusmuodon mukaan toteutettu siten, että kaviteetissa on leikkauksena sen mainittujen aukkojen läpi kulkevan pituusakselin läpi kaventuma sen keskiosassa, niin että säteittäinen etäisyys kaviteetin geometrisesta keskipisteestä kaviteetin seinään on pienempi kaventuman kohdalla kuin kaventuman molemmilla puolilla.

Tämän suoritusmuodon perustana on havainto, että yhteys on olemassa kvartsiputken lämpötilan ja sen maksimaalisen tehon $P_{\max}$ välillä, joka voidaan syöttää kavitetiin ilman, että ylilyöntejä sattuu. Tämä yhteys voidaan ilmaista

$$P_{\max} \sim 1/T^2,$$

jossa T on absoluuttinen lämpötila.

Kaviteettiin on sen tähden syötettävä vähemmän tehoa, kun putkella on korkeampi lämpötila. Koska kvartsiputken korkeampi lämpötila tietenkin vaatii syötetyn tehon suurentamista, on tuloksena, että tietyn kaviteetin kohdalla voidaan saavuttaa vain putken tietty suurin lämpötila. Jos lisätehoa syötettäisiin putken lämpötilan kohottamiseksi, tapahtuu siis ylilyönti.

Tässäkin kaviteetin 2' rakenteessa on mikroaaltogeneraattori kytketty aaltojohtimella kaviteettiin, niin että sähkökentän voimakkuuteen tulee kuulumaan vain tangentialinen komponentti TE-01n-moodin, edullisesti TE-011-moodin mukaan, jolloin sähkökenttä muodostuu sellaiseksi, että se on tangentialinen putken pintojen kanssa, ja sellaiseksi, että sähkökentän voimakkuus on nolla kaviteetin pintojen vieressä, kuten yllä on esitetty lieriömäisen kaviteetin kohdalla.

Yllä mainitut TE-01n-moodi ja TE-011-moodi ovat moodeja, jotka on rajattu lieriömäisiin kaviteetteihin. Kuitenkin on osoittautunut, että nämä moodit parhaiten kuvaavat kuvion 1 mukaisessa kaviteetissa olevaa moodia, vaikka tietty moodien vääntymä tapahtuu, kun kaviteetti ei ole lieriömäinen.

Mikroaaltogeneraattorin 1 kytkentä aaltojohtimen 8 avulla on esi-

tetty vain kaaviollisena esimerkkinä. Ammattimies voi sovittaa kytken kunkin kaviteetin muodon mukaan.

Kuviossa 3 esitetään mainitun toisen suoritusmuodon mukainen mikroaaltokaviteetti 2', joka on sovitettu syötettäväksi mikroaaltoenergialla kaaviollisesti esitetystä mikroaaltogeneraattorista 1. Kaviteettiin 2' kuuluu keskisesti sijoitetut aukot 3', 4', putken 5 viemiseksi kaviteetin 2' vastakkaisten sivupintojen 6', 7' tai päätypintojen läpi.

Yllä kuvion 2 selityksen yhteydessä sanottu pätee myös tämän kaviteetin 2' käyttöön.

Kaviteetissa 2' on ympäri kiertävä kaventuma 23 nähtynä kuviossa 3 esitetyssä leikkauksessa. Kaventuma menee kaviteetin 2' pituusakselin läpi, joka kulkee mainittujen aukkojen 3', 4' läpi. Kaventuma sijaitsee kaviteetin keskiosassa. Kaventuman kohdalla on säteittäinen etäisyys kaviteetin geometrisesta keskipisteestä 25 kaviteetin seinään pienempi kuin kaventuman 23 molemmilla puolilla.

Kaviteetti on edelleen muotoiltu siten, että se on aksiaalisymmetrinen mainitun pituusakselin 24 ympärillä.

Kaviteetti on pallomainen tai pääasiassa pallomainen lukuunottamatta kaventumaa 23, kuten kuviosta 1 käy ilmi.

Kuviossa 4 esitetään käyrät, jotka koskevat kehitettyä lämpötehoa kaviteetissa olevan putken tilavuusyksikköä (P) kohti, kaviteetin pituutta (L) pitkin. Aukkojen 3', 4' sijaintia on merkitty numeroilla 3' ja 4' kuviossa 4.

Jos mainittua lieriömäistä kaviteettia 2 käytetään ilman kavennusta 23, saadaan tehon jakauma P katkoviivakäyrän 26 mukaan. Tällainen kaviteetti antaa siis tehon jakauman, joka on verraten levitetty kaviteetin pituuden yli ja jolla on kaviteetin pituussuunnassa lyhyt maksimi. Lasiputkea lämmitettäessä kaviteetti kulkee lasiputkea pitkin, niin että putken 5 lämmitetty kuuma osa siirtyy putkea pitkin.

Lasin huonon lämmönjohtokyvyn takia lämpötila jakautuu hitaasti putken pituussuunnassa. Kun kaviteettia 2 siis siirretään kappa-
leen matkaa putken 5 suhteen, käyrän 26 esittämässä tehon jakau-
massa putken lämmitetyn kuuman osan se osa, joka siirretään kavi-
teetin toivotun lämmitysvyöhykkeen Z ulkopuolelle, lämmitetään
suurelta osin, koska tehon P arvo on myös suuri aivan alueen Z ulko-
puolella. Tämän takia syötetyn tehon suuri osa kuluu putken jo läm-
mitetyn osan lämmitykseen.

Sen takia, että, kuten yllä mainittiin, kaviteettiin kokonaisuudes-
saan syötettyä tehoa on rajoitettava sähköylilyöntien estämiseksi,
on riittävän suuren tehon syöttö putken ei vielä riittävässä mää-
rin lämmitettyihin osiin vyöhykkeessä Z vaikeaa, koska syötetyn te-
hon suuri osa syötetään vyöhykkeen Z ulkopuolella sijaitseviin put-
ken osiin. Koska lasin dielektriset häviöt suurenevat huomattavas-
ti lämpötilan mukana, syötetty teho muuttuu kuitenkin lämmöksi pää-
asiassa putken lämpimissä osissa.

Syötettyä tehoa on siis käytettävä siten, että se mahdollisimman
suurella määrin muuttuu lämmöksi putken lämmitettävässä osassa.

Tämän sijaan on sen tähden erittäin edullista saada aikaan kuvion 4
ehjän käyrän 27 mukainen tehon jakauma P, jossa on tasainen maksi-
mi vyöhykkeessä Z ja sen molemmilla puolilla nopeasti alenevat
arvot. Käyrä 27 saadaan aikaan yllä selitetyllä kaviteetilla 2'.
Kaventuman 23 takia sähkökentän voimakkuus nimittäin keskittyy ka-
ventuman 23 sisäpuolelle siten, että sähkökentän voimakkuuden mak-
simi puristuu kaviteetin keskiosaa kohti ja on siten suurempi vyö-
hykkeessä Z olevassa lasiputken osassa kuin vyöhykkeen Z ulkopuo-
lella sijaitsevissa lasiputken osissa. Vyöhykkeen Z pituus vastaa
siis kaventuman 23 aksiaalista pituutta.

On selvää, että tätä kaviteettia käytettäessä lasiputken jo läm-
mitettyjä osia lämmitetään huomattavasti pienemmässä määrin vyöhyk-
keen Z ulkopuolella kuin on asianlaita, kun käytetään lieriömäistä
kaviteettia 2, joka tuottaa käyrän 26. Tällöin siis syötetyn tehon
suurempi osa muutetaan lämmöksi putken osassa, jota lämmitetään vyö-
hykkeessä Z. Tämä syötetyn tehon keskitys johtaa vuorostaan siihen,
että kokonaisuudessaan syötettyä tehoa voidaan pienentää verrattuna

käyrän 26 antavan kaviteetin käyttöön. Tästä seuraa, että sähkö-ylilyönnit voidaan välttää silloinkin, kun lämpötila kohoaa suuriin arvoihin. Tietenkin pyritään käyrään, jossa on kuviossa 4 P-akselin suuntaiset sivut, mutta tämä ei ole käytännössä toteutettavissa.

Erään edullisen suoritusmuodon mukaan mainitulla kaventumalla 23 on mainitun pituusakselin suunnassa nähtynä ulottuvuus, joka on $1/4 - 1/2$ kaviteetin keskimääräisestä halkaisijasta.

Jotta helpommin saavutettaisiin korkeita lämpötiloja, nimittäin esimerkiksi 2200°C tarvitsematta syöttää sellaisia tehoja, että ylilyöntejä voi esiintyä, on kaviteetin 2' seinässä 28 mainitun kaventuman kohdalla sisäpinta 29, joka on muodoltaan ympyrän kaari, jonka keskipiste yhtyy kaviteetin 2' geometriseen keskipisteeseen 25.

Erään suoritusmuodon mukaan lieriömäisen kaviteetin 2 tai pallomaisen kaviteetin 2' seinien sisäpinnat on loistokiillotettu tai pinnoitettu erittäin heijastavalla aineella, joka on inertti kaviteetissa esiintyviä kaasuja vastaan ja jossa ei tapahdu kemiallista muutosta kaviteetin seinien kulloisissakin lämpötiloissa. Kulta on tällöin suositeltava aine, vaikka mitä tahansa muuta sopivaa ainetta voidaan käyttää.

Tämän ansiosta, etenkin kun kaviteetti on pallomainen tai pääasiassa pallomainen, sen sisäsivu heijastaa tehokkaasti putken antamaa lämpösäteilyä ja fokusoi tämän kaviteetin keskipistettä 25 kohti tai joka tapauksessa vyöhykettä Z kohti. Tällainen rakenne on osoittautunut erityisen tehokkaaksi, jolloin kokonaisuudessaan syötettyä tehoa on voitu pienentää huomattavasti suurien lämpötilojen saavuttamiseksi.

Edut, jotka saadaan lämmitettäessä paksuseinäisiä lasiputkia mikroaaltoenergialla, jotta nämä vetäytyisivät kokoon, ovat ilmeiset. Mikroaaltoenergialämmityksessä koko putki lämpiää tasaisesti, minkä vuoksi lämpötila on pääasiassa vakio koko putkessa. Kun koko putki saavuttaa kokoonvetäytymislämpötilan noin 2200°C , putki vetäytyy kokoon.

Sen lisäksi, että putken ulkopinnan ylikuumennukselta välttytään, välttytään myös siltä likaavalta vaikutukselta, joka kaasuliekillä on, sekä sen paineelta. Lasin huonon lämmönjohtokyvyn takia on nimittäin lämmitysaika kokoonvetäytymiseen kaasuliekkiiä käytettäessä huomattava. Putki lämpiää lisäksi huomattavasti nopeammin mikroaaltoenergian avulla kokoonvetäytymislämpötilaan kuin on asiantaita kaasuliekkiiä käyttävässä lämmityksessä.

Mikroaaltokaviteetti kulkee lämmityksen aikana lasiputkea pitkin.

Toivotun tehon saamiseksi on energian kytkentä kaviteettiin sovittava tunnetulla tavalla kaviteetin ns. Q-arvon mukaan.

Kuumalla lasiputkella varustetussa kaviteetissa on Q-arvo lähes yksinomaan riippuvainen putken geometriasta ja lämpötilasta. Sen tähden on kaviteetti ja kytkentä sovittava tunnetulla tavalla laitteessa lämmitettävien putkien mittojen mukaan.

Yllä on käsitelty vain kokoonvetäytymistä. Esillä olevaa keksintöä voidaan kuitenkin soveltaa mm. edeltävään sintrausvaiheeseen.

Esillä olevan keksinnön ei katsota rajoittuvan yllä esitettyihin suoritusmuotoihin, vaan sitä voidaan vaihdella sen oheisissa patenttivaatimuksissa esitetyissä puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä paksuseinäisten lasiputkien, etenkin optisten kuitujen valmistukseen käytettävien kvartsiputkien lämmittämiseksi, joka käsittää putken esilämmittämisen käyttämällä hyväksi mikroaaltoenergiaa, jolloin putki (5) esilämmitetään, edullisesti kaasuliekin avulla sinänsä tunnetulla tavalla noin 1000°C - 1500°C :n lämpötilaan, minkä jälkeen putkea lisäksi lämmitetään mikroaaltogeneraattorin (1) kehittämän mikroaaltoenergian avulla viemällä putki (5) aksiaalisesti aksiaalisymmetrisen mikroaaltokaviteetin (2; 2') sisään, jonka molemmissa sivupinnoissa (6, 7; 6', 7') tai päätypinnoissa on sisäänvientiaukot (3, 4; 3', 4') putkea (5) varten, tunnettu siitä, että sähkökentän voimakkuudelle annetaan kenttäkuva, johon kuuluu vain ϕ -komponentti ϕ , r, Z-järjestelmässä, missä Z-suunta yhtyy kaviteetin symmetria-akseliin, joka kenttäkuva on TE-01n-moodin, edullisesti moodin TE-011 mukainen, jolloin sähkökenttä muodostuu sellaiseksi, että se on tangentialinen putken (5) pintojen kanssa, ja sellaiseksi, että sähkökentän voimakkuus on nolla kaviteetin pintojen vieressä.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että käytetään mikroaaltokaviteettia (2'), jossa on leikkauksena sen mainittujen aukkojen (3', 4') läpi kulkevan pituusakselin (24) läpi kaventuma (23) sen keskiosassa, niin että säteittäinen etäisyys kaviteetin geometrisesta keskipisteestä (25) kaviteetin (2') seinään on pienempi kaventuman kohdalla kuin kaventuman molemmilla puolilla.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mikroaaltokaviteetti (2') on pallomainen tai pääasiassa pallomainen lukuunottamatta mainittua kaventumaa (23).

4. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä tunnettu siitä, että käytetään mikroaaltokaviteettia (2), joka on lieriömäinen ja tehty metallista.

5. Patenttivaatimuksen 1, 2, 3 tai 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että käytetään mikroaaltokaviteettia (2; 2'), jonka seinien sisäsivut on loistokiillotettu tai pinnoitettu erittäin heijastavalla aineella, joka on inertti kaviteetissa esiintyviä kaasuja vastaan ja jossa ei tapahdu kemiallista muutosta kaviteetin seinien kulloisissakin lämpötiloissa ja joka on edullisesti kulta.

6. Patenttivaatimuksen 1, 2, 3, 4 tai 5 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että kaviteetin (2; 2') resonanssitaajuutta säädetään mekaanisesti, niin että kaviteetin resonanssitaajuus putkella (5) kuormitettaessa on sama kuin mikroaaltogeneraattorin (1) taajuus.

7. Patenttivaatimuksen 1, 2, 3, 4 tai 5 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mikroaaltogeneraattorin (1) taajuutta ohjataan ohjausyksiköllä (16), niin että se on sama kuin kaviteetin (2; 2') resonanssitaajuus putkella (5) kuormitettaessa.

8. Laite paksuseinäisten lasiputkien, etenkin optisten kuitujen valmistukseen käytettävien kvartsiputkien lämmittämiseksi, johon laitteeseen kuuluu mikroaaltogeneraattori (1) ja mikroaaltokaviteetti sekä välineet lasiputken esilämmitystä varten, jolloin laitteessa on sinänsä tunnetut välineet lasiputken esilämmittämiseksi noin 1000 °C-1500 °C:n lämpötilaan; mainitussa kaviteetissa (2; 2') on keskisesti sijoitetut reiät (3, 4; 3', 4') putken (5) viemiseksi kaviteetin molempien sivuseinien (6, 7; 6', 7') tai päätypintojen läpi; ja jolloin mikroaaltogeneraattori (1) on aaltojohtimella (8) kytketty kaviteettiin (2) tavalla, joka on tunnettu siitä, että sähkökentän voimakkuuteen kuuluu vain ϕ -komponentti ϕ , r , Z -järjestelmässä, jossa Z -suunta yhtyy kaviteetin symmetri akseliin, joka kenttäkuva on TE-01n-moodin, edullisesti moodin TE-011 mukainen, jolloin sähkökenttä muodostuu sellaiseksi, että se on tangentiaalinen sisäänviedyn putken (5) pintojen

kanessa, ja sellaiseksi, että sähkökentän voimakkuus on nolla kaviteetin pintojen vieressä.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laite, tunnettu siitä, että mikroaaltokaviteetissa (2') on leikkauksena sen mainittujen aukkojen (3', 4') läpi kulkevan pituusakselin (24) läpi kaventuma (23) sen keskiosassa, niin että säteittäinen etäisyys kaviteetin geometrisesta keskipisteestä (25) kaviteetin (2') seinään on pienempi kaventuman (23) kohdalla kuin kaventuman molemmilla puolilla.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen laite, tunnettu siitä, että kaviteetti (2') on pallomainen tai pääasiassa pallomainen lukuunottamatta mainittua kaventumaa (23).

11. Patenttivaatimuksen 9 tai 10 mukainen laite, tunnettu siitä, että kaviteetin seinässä (28) on mainitun kaventuman (23) kohdalla sisäpinta (29), joka on ympyrän kaari, jonka keskipiste yhtyy kaviteetin (2') geometriseen keskipisteeseen (25).

12. Patenttivaatimuksen 9, 10 tai 11 mukainen laite, tunnettu siitä, että mainitulla kaventumalla (23) on nähtynä mainitun pituusakselin (24) suunnassa ulottuvuus, joka on $1/4$ - $1/2$ kaviteetin (2') keskimääräisestä halkaisijasta.

13. Patenttivaatimuksen 8 tai 9 mukainen laite, tunnettu siitä, että mainittu kaviteetti on lieriömäinen ja tehty metallista.

14. Patenttivaatimuksen 9, 10, 11, 12 tai 13 mukainen laite, tunnettu siitä, että kaviteetin (2') seinien sisäpinnat on loistokiillotettu tai pinnoitettu erittäin heijastavalla aineella, joka on inertti kaviteetissa esiintyviä kaasuja vastaan ja jossa ei tapahdu kemiallista muutosta kaviteetin seinien kulloisissakin lämpötiloissa ja joka on edullisesti kulta.

15. Patenttivaatimuksen 8, 9, 10, 11, 12, 13 tai 14 mukainen laite, tunnettu siitä, että ohjausyksikkö (16) on sovitettu ohjaamaan mekaanista elintä (17, 18), joka on sovitettu säätämään kaviteetin (2) resonanssitaajuutta, joka ohjausyksikkö (16) on sovitettu ohjaamaan mainittua elintä (17, 18) siten, että kaviteetin (2) resonanssitaajuus putkella (5) kuormitetussa tilassa on sama kuin mikroaaltogeneraattorin (1) taajuus.

16. Patenttivaatimuksen 8, 9, 10, 11, 12, 13 tai 14 mukainen laite, tunnettu siitä, että ohjausyksikkö (16) on sovitettu ohjaamaan mikroaaltogeneraattorin (1) taajuutta siten, että tämä on sama kuin kaviteetin (2) resonanssitaajuus putkella (5) kuormitetussa tilassa.

17. Patenttivaatimuksen 15 tai 16 mukainen laite, tunnettu siitä, että mainitun ohjausyksikön (16) oloarvon muodostaa suuntakytkimestä (19) tuleva signaali, joka vastaa heijastuneen energian määrää.

18. Jonkin patenttivaatimuksen 9-17 mukainen laite, tunnettu siitä, että lämpötilaa tunnusteleva elin (20), edullisesti infrapunasäteilylle herkkä elin, on sijoitettu kaviteettiin (2) tai sen viereen ja sovitettu antamaan mainittuun ohjausyksikköön (16) putken (5) lämpötilaa vastaava signaali, joka ohjausyksikkö (16) on myös sovitettu ohjaamaan mainitusta lämpötilasta riippuen mikroaaltogeneraattorin (1) tehoa.

Patentkrav

1. Förfarande för uppvärmning av tjockväggiga glaserör särskilt kvarterör för framställning av optiska fibrer omfattande förvärmning av röret under utnyttjande av mikrovågsenergi, varvid röret (5) förvärmes, företrädesvis medelst en gaslåga på i och för sig känt sätt till en temperatur av omkring 1000 C-1500 C, varefter röret ytterligare uppvärms medelst mikrovågsenergi, vilken alstras av en mikrovågsgenerator (1), genom att röret (5) axiellt införes i en axiellt symmetrisk mikrovågskavitet (2; 2') innefattande i dess båda sidoytor (6, 7; 6', 7') eller ändytor införingsöppningar (3, 4; 3', 4') för röret (5), kännetecknat av att den elektriska fältstyrkan ges en fältbild innefattande endast en ϕ -komponent i ett ϕ , r, Z-system, där Z-riktningen sammanfaller med kavitetens symmetriaxel, vilken fältbild är i enlighet med en TE-01n-mod, företrädesvis enligt moden TE-011, varigenom det elektriska fältet blir så utformat att detta är tangentiellt med rörets (5) ytor och så utformat att den elektriska fältstyrkan är noll invid kavitetens ytor.

2. Förfarande enligt patentkravet 1, kännetecknat av att en mikrovågskavitet (2') utnyttjas vilken i ett snitt genom dess longitudinella axel (24) löpande genom nämnda öppningar (3', 4') har en förträngning (23) i dess mittre parti så att det radiella avståndet från kavitetens geometriska centrum (25) till kavitetens (2') vägg är mindre vid förträngningen (23) än på ömse sidor om förträngningen.

3. Förfarande enligt patentkravet 2, kännetecknat av att mikrovågskaviteten (2') är sfärisk eller i huvudsak sfärisk så när som på nämnda förträngning (23).

4. Förfarande enligt patentkravet 1 eller 2, kännetecknat av att en mikrovågskavitet (2) utnyttjas, vilken är cylinderformad och utförd i metall.

5. Förfarande enligt patentkravet 1, 2, 3 eller 4, kännetecknat av att en mikrovågskavitet utnyttjas (2; 2') vars väggars insida är blankpolerade eller belagda med ett högreflekterande material, vilket är inert mot i kaviteten förekommande gaser och som inte genomgår någon kemisk omvandling vid aktuella temperaturer hos kavitetsens väggar, vilket material företrädesvis är guld.

6. Förfarande enligt patentkravet 1, 2, 3, 4 eller 5, kännetecknat av att kavitetsens (2; 2') resonansfrekvens mekaniskt justeras så att kavitetsens resonansfrekvens vid belastning med ett rör (5) är lika med mikrovågsgeneratorns (1) frekvens.

7. Förfarande enligt patentkravet 1, 2, 3, 4 eller 5, kännetecknat av att mikrovågsgeneratorns (1) frekvens styres medelst en styrenhet (16) till att vara lika med resonansfrekvensen för kaviteten (2; 2') vid belastning med ett rör (5).

8. Anordning för att uppvärma tjockväggiga glaströr, särskilt kvarterrör för framställning av optiska fibrer, innefattande en mikrovågsgenerator (1) och en mikrovågskavitet samt medel för förvärmning av glaströret varvid anordningen innefattar medel för att förvärma glaströret till en temperatur av omkring 1000 °C till 1500 °C; kaviteten (2; 2') är axiellt symmetrisk och innefattar centralt placerade hål (3, 4; 3', 4') för genomförande av ett rör (5) i kavitetsens båda gavlarna (6, 7; 6', 7') eller ändytan, och varvid mikrovågsgeneratorn (1) är via en vågledare (8) inkopplad till kaviteten (2) på ett sätt, kännetecknat av att den elektriska fältstyrkan endast kommer att innefatta en θ -komponent i ett θ , r , Z -system, där Z -riktningen sammanfaller med kavitetsens symmetriaxel, vilken fältbild är i enlighet med en TE-01n-mod, företrädesvis enligt moden TE-011, varigenom det elektriska fältet kommer att vara så utformat att det är tangentiellt med

ett infört rör (5) ytor och så utformat att den elektriska fältstyrkan blir noll invid kaviteten ytor.

9. Anordning enligt patentkravet 8, kännetecknad av att mikrovågskaviteten (2') i ett snitt genom dess longitudinella axel (24) löpande genom nämnda öppningar (3', 4') har en förträngning (23) i dess mittre parti så att det radiella avståndet från kaviteten geometriska centrum (25) till kaviteten (2') vägg är mindre vid förträngningen (23) än på ömse sidor om förträngningen.

10. Anordning enligt patentkravet 9, kännetecknad av att kaviteten (2') är sfärisk eller i huvudsak sfärisk så när som på nämnda förträngning (23).

11. Anordning enligt patentkravet 9 eller 10, kännetecknad av att kaviteten (2') vägg (28) vid nämnda förträngning (23) har en inneryta (29) som är en cirkelbåge vars centrum sammanfaller med kaviteten (2') geometriska centrum (25).

12. Anordning enligt patentkravet 9, 10 eller 11, kännetecknad av att nämnda förträngning (23) har en utbredning sett i nämnda longitudinella axels (24) riktning som är 1/4 till 1/2 av kaviteten (2') genomsnittliga diameter.

13. Anordning enligt patentkravet 8 eller 9, kännetecknad av att nämnda kaviteten är cylinderformad och utförd i metall.

14. Anordning enligt patentkravet 9, 10, 11, 12 eller 13, kännetecknad av att kaviteten (2') väggars insida är blankpolerade eller belagda med ett högreflekterande material, vilket är inert mot i kaviteten förekommande gaser och som inte genomgår någon kemisk omvandling vid aktuella temperaturer hos kaviteten väggar, vilket material företrädesvis är guld.

15. Anordning enligt patentkravet 8, 9, 10, 11, 12, 13 eller 14, kännetecknad av att en styrenhet (16) förefinns anordnad att styra ett mekaniskt organ (17, 18) anordnat att justera kavitetens (2) resonansfrekvens, vilken styrenhet (16) är anordnad att styra nämnda organ (17, 18) så att kavitetens (2) resonansfrekvens i med ett rör (5) belastat tillstånd är lika med mikrovågsgeneratorns (1) frekvens.

16. Anordning enligt patentkravet 8, 9, 10, 11, 12, 13 eller 14, kännetecknad av att en styrenhet (16) förefinns anordnad att styra mikrovågsgeneratorns (1) frekvens så att denna är lika med kavitetens (2) resonansfrekvens i med ett rör (5) belastat tillstånd.

17. Anordning enligt patentkravet 15 eller 16, kännetecknad av att nämnda styrenhets (16) ärvärde utgöres av en signal från en riktkopplare (19), vilken signal motsvarar andelen reflekterad energi.

18. Anordning enligt något av patentkraven 9 till 17, kännetecknad av att ett temperaturkännande organ (20) företrädesvis ett för infraröd strålning känsligt organ förefinns placerat i eller vid kaviteten (2) och anordnad att avge en signal till nämnda styrenhet (16), motsvarande rörets (5) temperatur, vilken styrenhet (16) även är anordnad att i beroende av nämnda temperatur styra mikrovågsgeneratoren (1) vad avser dess effekt.

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

Hakemusjulkaisuja:-Ansökningspublikationer: Ranska-Frankrike(FR)
2 288 958 (F 27 B 9/00), 2 249 847 (C 03 B 37/02).
Patenttijulkaisuja:-Patentskrifter: USA(US) 4 477 707 (H 05 B 9/06).

Fig. 1

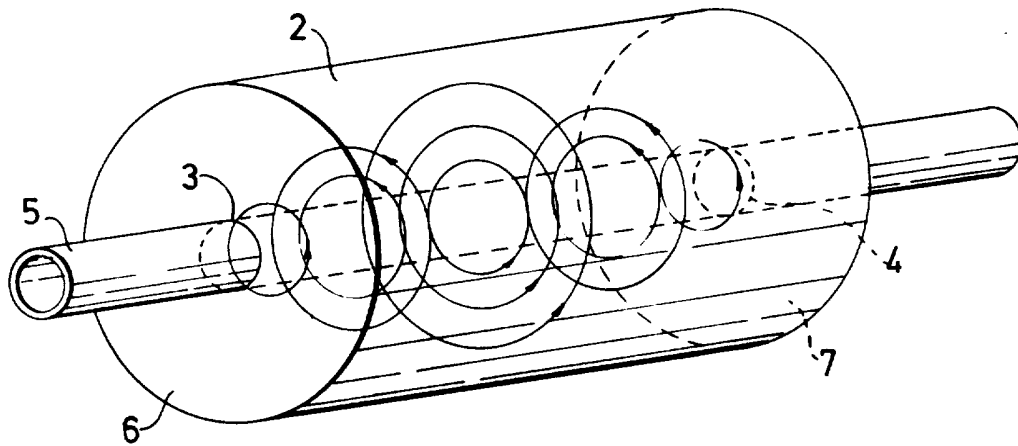


Fig. 2

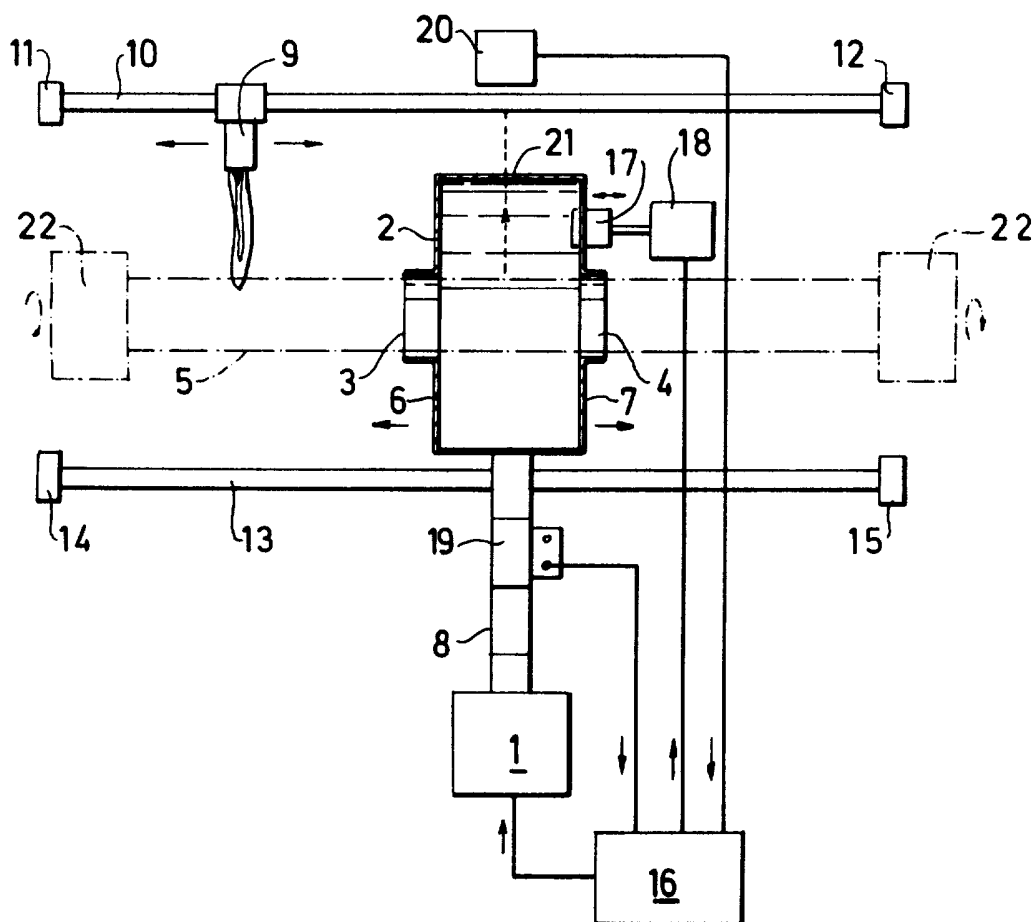


Fig. 3

78060

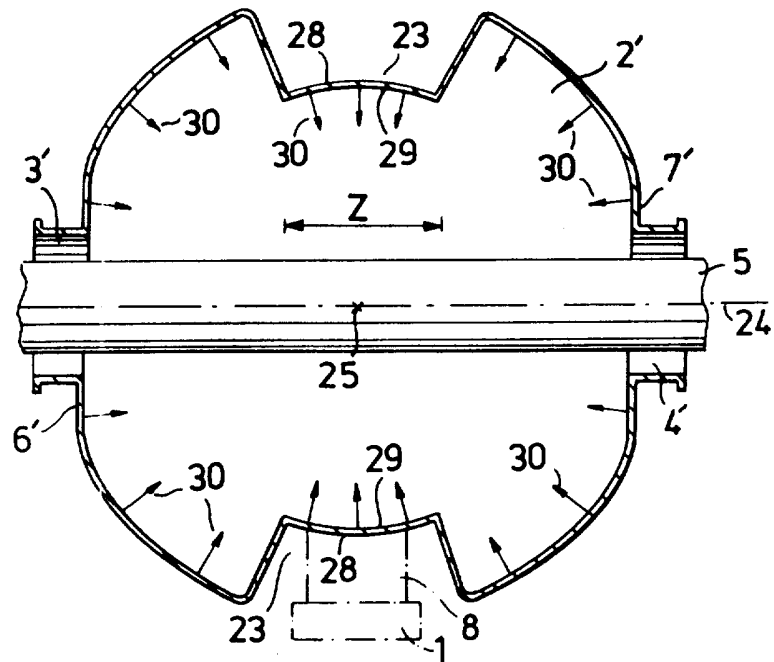


Fig. 4

