

(19) DANMARK



(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT (11) 149648 B



DIREKTORATET FOR  
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENET

(21) Patentansøgning nr.: 1769/74

(51) Int.Cl.<sup>4</sup>: C 03 B 37/06

(22) Indleveringsdag: 29 mar 1974

D 01 D 5/08

(41) Alm. tilgængelig: 01 okt 1974

(44) Fremlagt: 25 aug 1986

(86) International ansøgning nr.: –

(30) Prioritet: 30 mar 1973 FR 73/11525

(71) Ansøger: \*SAINT-GOBAIN INDUSTRIES; Neuilly-sur-Seine, FR.

(72) Opfinder: Marcel \*Levecque; FR, Jean \*Battigelli; FR, Dominique \*Plantard; FR.

(74) Fuldmægtig: Internationalt Patent-Bureau

(54) Fremgangsmåde og anlæg til fremstilling af fibre  
af trækbart materiale

UK 149648 B

Opfindelsen angår en fremgangsmåde til fremstilling af fibre af trækbart materiale, fortrinsvis glas, og ved hvilken der tilvejebringes gasstrømme, der møder hinanden, og hvor materialet i flydende form og i en kontinuerlig strøm tilføres disse gasstrømme og af disse omdannes til fibre.

Der kendes i hovedsagen fire metoder til fremstilling af glasfibre.

1. - Trækning ved blæsning, også kaldt damptrækning eller trækning med luft eller trækning med luft under lavt tryk.
2. - Mekanisk trækning, også kaldt kontinuerlig trækning.
3. - Trækning i to trin ud fra kolde stænger, også kaldt "Aérocor"-metoden.
4. - Trækning ved centrifugering.

Der eksisterer mange varianter af disse fire metoder, og der er gjort forsøg på at kombinere nogle af disse metoder.

De fire før omtalte metoder skal nu omtales mere detaljeret. Tallene i parentes i den efterfølgende tekst henviser til bibliografiske referencer, som er angivet efter nærværende omtale.

### 1. - Trækning ved blæsning.

Denne metode til trækning ved blæsning (1) (2) (3) (4) med henblik på fremstilling af glasfibre går ud på, at smeltet glas fra en ovn strømmer gennem åbninger i en eller to rækker tappe på en trækkebakke, hvorved der frembringes et stort antal glastråde, som strømmer gennem et trækningsområde, hvor trådene udsættes for konvergerende gasstråler.

Udgangsåbningerne for gasstrålerne ligger tæt op ad glastrådene og strålerne er rettet nedefter i en retning, der praktisk taget er parallel med glastrådenes bevægelsesretning. Sædvanligvis følger glastrådene halveringslinien i vinklen mellem de konvergerende gasstråler. I de fleste tilfælde udgøres disse stråler af damp under højt tryk.

I henhold til en variant (5) af denne trækningsmetode er trækkebakken og den digel, der føder denne bakke, anbragt i et trykkammer, således at de fra trækkebakken udgående glastråde trækkes af den trykluft, der siver ud fra trykkammeret gennem en spalte, som er beliggende direkte under tappene på trækkebakken.

### 2. - Mekanisk trækning.

Den mekaniske trækning (6) (7) af glasfibre begynder på samme måde som den før omtalte trækning ved blæsning. Der tilvejebringes glastråde fra åbningerne i tappene på en trækkebakke. Den mekaniske metode gør ikke brug af gasstråler for at trække fibrene, men udfører en mekanisk trækning ved hjælp af en med stor hastighed roterende valse, om hvilken fibrene vikler sig eller ved hjælp af roterende ruller, mellem hvilke fibrene passerer.

### 3. - Aërocor-metoden.

Ifølge denne metode (8) (9) indføres glasset i fast form i en fluidumstråle med høj temperatur og stor hastighed i stedet for at indføres i flydende form som tilfældet er ved trækning ved blæsning eller ved mekanisk trækning. En glasstang eller sommetider et tykt glasfilament indføres i en varm gasstråle, sædvanligvis i en retning tilnærmelsesvis vinkelret på denne stråle. Dette har til resultat, at enden af stangen opvarmes og blødgøres, således at gasstrålen kan trække en fiber med sig.

#### 4. - Centrifugering.

Denne metode (10) (11) går ud på at indføre smeltet glas i et legeme, der drejer med stor hastighed og langs omkredsen har en række åbninger. Centrifugalkraften presser glasset ud gennem disse åbninger og der dannes glastråde, der derefter udsættes for virkningen fra en rundtgående koncentrisk strøm af varm gas eller af flammer, der sædvanligvis er rettet i nedadgående retning. I et med den første strøm koncentrisk og noget fjernere fra det roterende legeme beliggende område kan disse glastråde udsættes for virkningen fra en anden nedadrettet strøm med stor hastighed, hvilken strøm sædvanligvis udgøres af luft eller damp under højt tryk. Herved omdannes glastrådene til fine glasfibre, der afkøles og derefter fjernes nedad i form af glasuld.

Man har længe erkendt, at det er ønskeligt at kunne fremstille glasfibre, der har en meget lille diameter, f.eks. af størrelsesorden på nogle få mikron, idet de produkter, der fremstilles med disse fibre, har fordelagtige fysiske egenskaber og navnlig en udmærket mekanisk styrke og udmærkede isoleringsegenskaber. Endvidere er det sædvanligvis ønskeligt, at der opnås relativt lange fibre. Endvidere er det meget fordelagtigt, navnlig i økonomisk henseende, at opnå en høj produktionsevne. Disse ønsker er modstridende, i hvert fald hvad angår de kendte metoder. Endvidere kan hver af de kendte metoder effektivt kun udnyttes til fremstilling af et bestemt produkt eller et lille antal bestemte produkter.

Eksempelvis kan man ved den mekaniske trækning fremstille meget tynde gennemgående fibre, men produktionen pr. tidsenhed er ret begrænset, og det resulterende produkt kan økonomisk set ikke anvendes i form af glasuld. Centrifugeringsmetoden gør det muligt at opnå en større produktionsevne, men fibrene er sædvanligvis kortere, og kan ikke nemt samles til dannelse af bundter eller andre forstærkningsprodukter eller tekstilprodukter.

Aérocor-metoden gør det muligt at fremstille lange og tynde fibre, men produktionsevnen er ikke stor nok til, at metoden effektivt kan konkurrere med centrifugeringsmetoden. Når man ved Aérocor-metoden forøger produktionsevnen pr. tidsenhed, opstår der uundgåeligt en tilsvarende forøgelse af fiberdiametre. Når man når en vis diameter og fortsat prøver på at øge produktionen, har glasstangen tendens til at gå igennem gasstrømmen uden at smelte fuldstændigt, hvilket har til resultat, at produktet indeholder et alt for stort antal partikler, som ikke blev omdannet til fibre.

Metoden giver ved trækning med luft under lavt tryk mulighed for at fremstille lange fibre med konstant diameter, men produktionen er ikke ret stor. Hvis man forsøger at øge produktionen, opstår der dråber af glas, som ikke

blev trukket til fibre.

Den førnævnte metode til trækning ved blæsning kan give en meget stor produktion pr. tidsenhed, men da gasstrømmene bryder glasstrålerne, før de trækkes, kan glasulden omfatte en væsentlig del på op til 50% af glasset, som ikke er omdannet til fibre. Desuden er fibrene meget korte, og deres diameter meget uregelmæssig.

Man har forsøgt at forbedre fremstillingen af glasfibre, ved at anvende én eller flere af disse metoder til trækning af glasfibre ud fra tråde af smeltet glas. Nogle af disse tidligere kendte metoder var baseret på forsøg på at forbedre trækningsmetoden ved en udvidelse eller forlængelse af trækningsområdet eller ved at anvende specielle midler til tilførsel af varme til glasstrålerne og til de begyndende fibre (12) eller ved at anvende afgrænsede gasstrømme (13) (14) eller ved en kombination af disse to metoder (15).

Man har foreslået forskellige andre løsninger for at indføre det smeltede glas i en trækningsstrøm (16) (17) (18) (19). I alle disse forsøg har man noteret, at glasstrålen ofte har tendens til at følge en bane ved strømmens periferi, dvs. har tendens til at ride på strømmen i stedet for at trænge ind i strømmen til det sted, hvor trækningsforholdene er de mest effektive. Man har foreslået forskellige løsninger for at løse dette problem. De foreslåede løsninger indbefatter anvendelsen af faste skærme (reference nr. 16) eller overførsel af en meget stor kinetisk energi til glasstrålen (referencerne 11, 18 og 19). For at løse dette problem har man foreslået en anden løsning, der ligger nærmere Aërocor-metoden og går ud på at indføre glasset i form af en fast stang (9) eller en stang, der er blødgjort på forhånd (20) eller i form af glaspulver (14).

REFERENCER

- |                                        |                                  |
|----------------------------------------|----------------------------------|
| (1) Fransk patentskrift nr. 770.097    | - USA patentskrift nr. 2.133.236 |
| (2) fransk patentskrift nr. 828.231    | - USA patentskrift nr. 2.206.058 |
| (3) USA patentskrift nr. 2.257.767     | -                                |
| (4) USA patentskrift nr. 2.810.157     | -                                |
| (5) fransk patentskrift nr. 855.192    | - USA patentskrift nr. 2.286.903 |
| (6) fransk patentskrift nr. 1.050.437  | - USA patentskrift nr. 2.729.027 |
| (7) fransk patentskrift nr. 1.328.013  | - USA patentskrift nr. 3.269.820 |
| (8) USA patentskrift nr. 2.489.243     | -                                |
| (9) USA patentskrift nr. 2.754.541     | -                                |
| (10) fransk patentskrift nr. 1.155.986 | - USA patentskrift nr. 2.991.507 |
| (11) fransk patentskrift nr. 1.124.487 | - USA patentskrift nr. 3.215.514 |
| (12) USA patentskrift nr. 2.687.551    | -                                |
| (13) USA patentskrift nr. 2.699.631    | -                                |
| (14) USA patentskrift nr. 2.925.620    | -                                |
| (15) USA patentskrift nr. 2.982.991    | -                                |
| (16) USA patentskrift nr. 2.717.416    | -                                |
| (17) fransk patentskrift nr. 1.311.256 | - USA patentskrift nr. 3.357.808 |
| (18) fransk patentskrift nr. 1.583.071 | - USA patentskrift nr. 3.634.055 |
| (19) fransk patentskrift nr. 1.569.756 | - USA patentskrift nr. 3.649.232 |
| (20) fransk patentskrift nr. 1.041.831 | - USA patentskrift nr. 2.607.075 |

Opfindelsen tager sigte på at afhjælpe ulemperne ved disse kendte metoder og giver anvisning på en fremgangsmåde, som gør det muligt at opnå lille fiberdiameter, stor fiberlængde og produktion af en stor mængde fibre pr. tidsenhed.

Med henblik herpå er fremgangsmåden ifølge opfindelsen ejendommelig ved, at der tilvejebringes en hovedstrøm af gas, f.eks. forbrændingsgas, at det smeltede materiale tilføres hovedgasstrømmen ved dens grænseflade, at der tilvejebringes mindst én sekundær strøm af gas, f.eks. forbrændingsgas, med et mindre tværsnitsareal end hovedgasstrømmen, en højere hastighed end hovedgasstrømmen og en kinetisk energi pr.volumenenhed op til fyrre gange større end hovedgasstrømmens kinetiske energi pr.volumenenhed, og at den sekundære gasstrøm rettes således imod hovedgasstrømmen, at den trænger ind i denne og på i det mindste en del af sin længde er helt omgivet af hovedgasstrømmen og ved vekselvirkning med denne danner hvirvelstrømme i hovedgasstrømmen til omdannelse af det smeltede materiale til fibre i vekselvirkningsområdet.

Opfindelsen beror på den erkendelse, at man ved at lade den sekundære gasstrøm med høj kinetisk energi pr.volumenenhed trænge ind i hovedgasstrømmen opnår dannelse af to kontraroterende hvirvelstrømme, der er i stand til inden for en kort strækning at opfange strømmen af smeltet materiale og omdanne den til en tynd, kontinuerlig fiber.

Sammenligningsforsøg med de kendte metoder og med fremgangsmåden ifølge opfindelsen har givet resultater, som fremgår af tabel I.

Opfindelsen angår også et anlæg til udøvelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen, hvilket anlæg omfatter mindst to dyser til frembringelse af to gasstrømme, der møder hinanden, ved hvilket anlæg der i nærheden af åbningen af mindst én af dyserne findes en åbning til tilførsel af trækbart materiale i flydende form og i en kontinuerlig strøm til gasstrømmene for omdannelse til fibre.

Ifølge opfindelsen er anlægget ejendommeligt ved, at en af dyserne afgiver en hovedstrøm af gas, f.eks. forbrændingsgas, at hver af de øvrige dyser har sådanne dimensioner, at hver dyse afgiver en sekundær strøm af gas, f.eks. forbrændingsgas, med mindre tværsnitsareal og større hastighed end hovedgasstrømmen og med en kinetisk energi pr. volumenenhed større end hovedgasstrømmens kinetiske energi pr. volumenenhed, at nævnte åbning eller åbninger for tilførsel af trækbart materiale afgiver dette materiale ved hovedgasstrømmens grænseflade, og at åbningen på hver af dyserne for sekundærgasstrøm befinder sig nær ved en åbning for tilførsel af trækbart materiale og retter sekundærgasstrømmen således imod hovedgasstrømmen, at den trænger ind i hovedgasstrømmen og på i det mindste en del af sin længde er helt omgivet af hovedgasstrømmen, og ved vekselvirkning med denne danner hvirvelstrømme til omdannelse af det smeltede materiale til fibre i vekselvirkningsområdet.

TABEL I

| Metode                               | Produkt                                          |                                                  |                             |                                                           |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|
|                                      | Karakteristisk fiberlængde for en given diameter | Karakteristisk diameterområde for fibre (Mikron) | Middeldproduktion i kg/døgn | Restprodukter eller -legemer i procent af den totale vægt |
| 1. Trækning ved blæsning:            |                                                  |                                                  |                             |                                                           |
| - Damp: flør                         | næsten kontinuerlige                             | 10 til 18                                        | 2 til 5                     | mindre end 0,5 til 2                                      |
| - Damp: uld                          | meget korte                                      | 7 til 14                                         | 10 til 50                   | 15 - 50                                                   |
| - Luft under lavt tryk               | næsten kontinuerlige                             | 7 til 18                                         | 1 til 2,5                   | mindre end 0,5 til 2                                      |
| 2. Mekanisk trækning                 | kontinuerlige                                    | 3 til 25                                         | 0,3 til 3                   | 3 til 15                                                  |
| 3. Aérocor                           | lange                                            | mindre end 0,5 til 8                             | 0,2 til 5                   | 0,5 til 4                                                 |
| 4. Centrifugering                    | korte                                            | 1 til 15                                         | 0,5 til 7                   | 0,5 til 2                                                 |
| 5. Fremgangsmåden ifølge opfindelsen | meget lange                                      | 0,5 til 10                                       | 0,5 til 50                  | 0,5 til 2                                                 |

Opfindelsen forklares nærmere i det følgende under henvisning til den skematiske tegning, hvor

fig. 1 viser den skematiske opstilling af hovedbestanddelene i apparatet ifølge opfindelsen og den generelle relation mellem disse bestanddele med henblik på frembringelse af en hovedstrøm og en tværgående strøm, samt organerne til tilførsel af glas og til modtagning af det fremstillede produkt,

fig. 1A, 1B og 1C i større målestok snit gennem dele af det i fig. 1 viste apparat i det område, hvor glasset indføres i apparatet, idet fig. 1A illustrerer den virkning hovedstrømmen alene har, medens fig. 1B viser den virkning tværstrømmen alene har, og fig. 1C den resulterende virkning ved vekselvirkning mellem hovedstrømmen og tværstrømmen, når disse to strømme samvirker i overensstemmelse med opfindelsen,

fig. 2 et skematisk billede, der viser strømningsforholdene for gas og glas, hvilke forhold er karakteristiske for opfindelsen, hvilket billede er vendt i forhold til fig. 1, 1A, 1B og 1C, dvs. viser glasset og strømmene gående opad,

fig. 2A i større målestok end i fig. 2 et perspektivisk billede af det i fig. 2 viste vekselvirkningsområde,

fig. 2B et planbillede af det i fig. 2A viste vekselvirkningsområde, idet dette billede er et delsnit gennem de forskellige strømlinier, der repræsenterer gasstrømmene,

fig. 2C i større målestok end i fig. 2 et horisontalt snit gennem det i fig. 2 viste vekselvirkningsområde langs linien 2C i fig. 2,

fig. 2D et lignende snitbillede langs linien 2D i fig. 2,

fig. 2E, 2F og 2G lodrette snit langs linierne 2E, 2F, 2G i fig. 2 i samme målestok som i fig. 2C og 2D,

fig. 2H et perspektivisk billede af samme art som fig. 2A, men hvor glasset for at gøre billedet mere forståeligt, ikke er vist, idet visse aspekter af gasstrømningsforholdene vises i forhold til et plan vinkelret på hovedstrømmen et sted umiddelbart foran sekundærstrømmen,

fig. 3 et snitbillede gennem en del af en udførelsesform, som har

flere fiberdannelsessteder, som er anbragt i successive rækker og på hver sin side af hovedstrømmen,

fig. 3A et lignende billede af en anden udførelsesform, hvori der er tilvejebragt flere fiberdannelsessteder, som er beliggende i successive rækker på samme måde som i den nederste del af fig. 3,

fig. 4 et snit gennem en yderligere udførelsesform med flere fiberdannelsessteder i en speciel udformning, som bidrager til undgåelse af, at de på opstrømssiden beliggende fiberdannelsessteder indvirker på de på nedstrømsiden beliggende fiberdannelsessteder,

fig. 5 på samme måde som i fig. 4 en anden udførelsesform, hvori der er tilvejebragt flere fiberdannelsessteder i en anden udformning, som bidrager til undgåelse af, at de på opstrømssiden beliggende fiberdannelsessteder indvirker på de på nedstrømssiden beliggende fiberdannelsessteder,

fig. 6 og 7 henholdsvis i snit og perspektivisk en udførelsesform for et organ til tilførsel af trækbart materiale til udøvelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen,

fig. 8 et andet arrangement til tilførsel af materiale til vekselvirkningsområdet mellem to gasstrømme,

fig. 9A, 9B og 9C en yderligere udførelsesform for apparatet ifølge opfindelsen, idet 9A viser den generelle opstilling, medens fig. 9B viser i større målestok enkelte dele af apparatet set i snit langs linien 9B-9B i fig. 9C, medens fig. 9C er et planbillede i større målestok af de i fig. 9B viste dele,

fig. 10 et snit gennem en yderligere udførelsesform, hvor man anvender en vandkølet plade i umiddelbar nærhed af den bane, hovedstrømmen følger og på nedstrømssiden i forhold til fiberdannelsesstedet,

fig. 11 en opstilling af samme art som vist i fig. 10, men hvor der desuden anvendes en vandkølet deflektor beliggende ved den side af hovedstrømmen, der vender bort fra fiberdannelsesstedet,

fig. 12 illustrerer et yderligere træk ved apparatet ifølge opfindelsen, nemlig tilstedeværelsen af et spalteformet hul, der fra en digel overfører materialet til vekselvirkningsområdet, hvilken spalte er knyttet til en række åbninger for sekundære strømme, hvilket billede viser apparatet set nedenfra og i perspektiv,

fig. 12A et perspektivisk billede over et lignende organ set under samme vinkel som i fig. 12, og hvor en glasudstrømningsspalte er knyttet til et antal åbninger for sekundære strømme, hvilket billede er tegnet i større målestok end fig. 12 og viser et antal glaskegler udgående fra spalten, samt fibre, der er ved at blive trukket fra disse kegler,

fig. 13A og 13B snitbilleder gennem en anden udførelsesform for

apparatet ifølge opfindelsen, hvori der kan tilvejebringes et stort antal fibre under anvendelse af én enkelt hovedstrøm og flere rækker af fiberdannelsessteder, idet fig. 13A er et snit langs linien 13A i fig. 13B, medens fig. 13B er et snit langs linien 13B i fig. 13A,

fig. 14A, 14B, 14C og 14D henholdsvis et perspektivisk billede og forskellige snitbilleder gennem en anden udførelsesform for apparatet ifølge opfindelsen, idet snitbillederne 14B, 14C og 14D er taget langs snitlinierne 14B, 14C og 14D i fig. 14A,

fig. 15A, 15B, 15C og 15D forskellige billeder af et apparat til fremstilling af glasfibre i relativt stor målestok, idet fig. 15A og 15B viser henholdsvis set fra siden og ovenfra den generelle opstilling af apparatets hovedbestanddele, medens fig. 15C i større målestok viser et sidebillede af opbygningen ved fiberdannelsesstedet og fig. 15B i større målestok et snit gennem det i fig. 15C viste fiberdannelsessted.

#### BESKRIVELSE AF FREMGANGSMÅDEN.

I overensstemmelse med fremgangsmåden ifølge opfindelsen er den virkning, der udøves på det trækbare materiale, resultanten af karakteristiske fænomener, som optræder i det vekselvirkningsområde, der dannes, når en fluidumstrøm går tværs gennem en anden fluidumstrøm og omgives fuldstændigt af denne. Ved vekselvirkning mellem hovedstrømmen og sekundærstrømmen dannes der to kraftige og veldefinerede hvirvelstrømme, der drejer i indbyrdes modsatte retninger og har meget stor vinkelhastighed.

Ved at bestryge overfladen af det trækbare materiale udvikler disse strømme kræfter, som søger at bringe dette materiale med sig til vekselvirkningsområdet og inden i dette område. Hvirvelstrømmene bringer materialet progressivt med sig, hvorved dette materiale bringes til at danne en aflang kegle, fra hvis spids den strøm, der resulterer af blandingen af hovedstrømmen og sekundærstrømmen, trækker en fiber.

Det overraskende er, at glaskeglen, selvom den befinder sig i et hvirvelstrømsområde, hvor der er meget store hastigheder, ikke desto mindre er meget stabil, og at dens tværmål progressivt aftager fra det plan, hvor bunden af keglen befinder sig til keglens spids, hvorfra der udgår én enkelt fiber. Det er også særligt overraskende, at denne fiber, selvom den over en vis længde udfører en næsten skrueformet bevægelse med voksende og kraftig amplitude og hastighed, kontinuerligt tilvejebringes ved keglens spids ved en kontinuerlig trækningproces.

Den næsten totale mangel på ikke-fibreret materiale i de ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen fremstillede fibre skyldes glaskeglens dimensions- og positionsstabilitet og den kontinuerlige trækning af én enkelt fiber.

Det ovenfor beskrevne vekselvirkningsfænomen kan forekomme i en

konfiguration, der omfatter en plade, der afgrænser hovedstrømmen i den ene side, og gennem hvilken sekundærstrømmen passerer. Det samme fænomen kan opstå i konstruktioner som f.eks. den nedenfor beskrevne og i fig. 2 viste konstruktion, hvor pladen er så lille, at den faktisk ingen indflydelse har på strømningsforholdene eller i konstruktioner uden plade overhovedet. Vekselvirkningsfænomenet er det samme med eller uden plade. Da man altid foretrækker at anvende en plade, selvom den har meget små dimensioner, vil den følgende beskrivelse lægge vægt på udførelsesformer, der er udstyret med en plade.

Der henvises først til fig. 1. Fig. 1 viser en kilde 1, der er således indrettet, at den afgiver en hovedfluidumstrøm langs en flade, der i det pågældende tilfælde er undersiden af en plade eller væg 10. Apparatet omfatter også en kilde 2, som afgiver en sekundær fluidumstrøm, hvilken kilde er således placeret, at sekundærstrømmen går gennem pladen 10 og trænger ind i hovedstrømmen. Det trækbare materiale, f.eks. glas, leveres også gennem pladen 10 fra en kilde 3, idet det punkt 4, hvor glasset føres ind i hovedstrømmen, befinder sig i den i fig. 1 viste udførelsesform umiddelbart efter det punkt 5, hvor sekundærstrømmen indføres i hovedstrømmen. Et passende organ 6 til modtagning af de fremstillede fibre er også vist i fig. 1.

For bedre at forstå fremgangsmåden ifølge opfindelsen skal man se på fig. 1A-1C, som viser snit gennem det område, hvori glasset indføres, og som skematisk illustrerer de betingelser, der skal opfyldes for at kunne fremstille fibre i overensstemmelse med opfindelsen. Fig. 1A og 1B viser, at man, når én eller anden af de til udøvelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen fornødne komponenter ikke er tilstede, opnår det resultat man normalt kunne forvente. Fig. 1C viser derimod den virkning, der opnås, når alle de fornødne komponenter er tilstede og gør sig gældende, således at glasset trækkes til fibre.

Fig. 1A - 1C viser en plade eller væg 10 med plan og glat overflade, som bestryges af hovedstrømmen 12, hvis retning angives ved pilen 12A. Pladen har huller 14 og 16, som også bestryges af denne hovedstrøm. Hullet 14 danner udgangsåbning for sekundærstrømmen, der er rettet på tværs af hovedstrømmen. Hullet 16 tjener til tilførsel af det smeltede materiale, f.eks. glas, ind i hovedstrømmen, idet det punkt, hvor glasset indføres, står umiddelbart efter sekundærstrømmen i forhold til hovedstrømmens retning.

Som tidligere nævnt viser fig. 1A og 1B skematisk den virkning, der på glasset udøves af hvert element, der indgår i fiberdannelsen, når det andet element ikke gør sig gældende. Eksempelvis viser fig. 1A virkningen af hovedstrømmen på glasset, når sekundærstrømmen ikke er tilstede. Det smeltede materiale, som føres til de øvre lag i hovedstrømmen 12, kan ikke trænge ind i denne strøm på grund af strømmens store hastighed. Hovedstrømmen bringer det

smeltede materiale med sig - materialet så at sige rider på strømmen - og det smeltede materiale når hurtigt på nedstrømssiden et område, hvor temperaturen og hastigheden er for svage, til at der kan dannes fibre.

Fig. 1B viser den anden situation i relation til fig. 1A. Sekundærstrømmen trækker det smeltede materiale og hovedstrømmen mangler. Som følge heraf påvirkes det smeltede materiale kun lidt af sekundærstrømmen ved et punkt B i en ret stor afstand fra pladens udgangsåbning, således at det smeltede materiale kun trækkes meget lidt.

Fig. 1C viser den situation, hvor begge strømme er tilstede og det bemærkes, at det smeltede materiale ikke alene udsættes for en kraftig trækning ved vekselvirkning mellem hovedstrømmen og sekundærstrømmen, men også udsættes for en sådan trækning, at der tilvejebringes en lang tynd fiber.

Man har konstateret, at brede størrelsesområder for de forskellige parametre, der indgår i denne fiberdannelse, kan føre til de ønskede resultater.

Et af midlerne til opnåelse af den ønskede mængde, den ønskede kvalitet og de ønskede dimensioner for fibrene går ud på at indstille den mængde materiale, som tilføres. Denne justering af mængden kan udføres på forskellige måder, eksempelvis ved ændring af temperaturen af materialet, således at dets viskositet ændres. Når det drejer sig om glas, kan man generelt sige, at viskositeten aftager, når temperaturen stiger. Hvis man desuden ændrer glassets beskaffenhed for at opnå forskellige fiberkvaliteter, under hensyn til hvilken anvendelse fibrene er beregnet til, kan disse ændringer komme til udtryk ved ændringer af glassets viskositet ved en given temperatur.

Man kan også ændre andre parametre, såsom beskaffenheden, temperaturen og hastigheden af hovedstrømmen og sekundærstrømmen med henblik på regulering af fiberdannelsen. Sædvanligvis består de strømme, som bringes til at samvirke, af det samme fluidum som f.eks. er forbrændingsprodukter hidrørende fra forbrænding af et passende gasbrændstof, og i så fald kan fiberdannelsesresultaterne inden for et stort temperaturområde vurderes på grundlag af forholdet mellem hovedstrømmens hastighed og sekundærstrømmens hastighed. Man bør dog fortsat huske, at enhver væsentlig forskel i densitet eller viskositet mellem hovedstrømmen og den eller de sekundære strømme kan have en stor indflydelse på fiberdannelsen, og hvis man gør brug af disse yderligere faktorer, må man tage strømmenes kinetiske energi pr. volumenenhed i betragtning i stedet for at tage hastigheder i betragtning. Som det skal forklares nærmere nedenfor, er den kinetiske energi af en volumenenhed af fluidumstrøm direkte proportional med produktet af fluidumets massefylde med hastigheden i anden potens.

For at der kan opstå fiberdannelse, må sekundærstrømmens kinetiske energi pr. volumenenhed overstige hovedstrømmens kinetiske energi i vekselvirkningsområdet.

Fiberdannelsen kan også styres ved ændring af dimensionerne af positionen og udformningen af hullerne, navnlig for sekundærstrømmen eller -strømmene. Forskellige forbedringer af disse hovedbestanddele af apparatet skal beskrives nærmere senere.

Til forklaring af de kræfter, der bevirker fiberdannelsen, skal man se på fig. 2, 2A-2G, der dels viser det resultat, de foretagne forsøg har ført til, dels de teoretiske konklusioner man opnår, hvad angår vekselvirkningsområdet mellem strømmene, og hvad angår strømningsforholdene, som bevirker, at der dannes de førromtalte hvirvelstrømme, som spiller en væsentlig rolle i fiberdannelsen. I relation til fig. 1, hvor strømmen var rettet nedad, viser fig. 2 - fig. 2G sekundærstrømmen i omvendt position, dvs. gående opad. Desuden er fig. 2 - fig. 2G vist med større målestok end fig. 1. Det skal forstås, at fiberdannelsesstedet kan placeres i en hvilken som helst position i forhold til horisontalen.

I fig. 2, 2A og 2B bevæger hovedstrømmen 12A sig fra venstre til højre parallelt med pladen 10. Sekundærstrømmen 15 er rettet i det væsentlige vinkelret på hovedstrømmens retning og så at sige skærer en del af hovedstrømmen. Hovedstrømmen har en sådan position i forhold til sekundærstrømmen, at denne er fuldstændigt omgivet af hovedstrømmen. Vigtigheden af denne foranstaltning vil fremgå mere klart af den efterfølgende beskrivelse af fiberdannelsesprocessen.

Før man går videre med forklaring af det i fig. 2 - 2G viste, bør man definere grænserne af de områder, der karakteriserer virkningen af strømmenes vekselvirkning og trækningsforløbet. Da de områder, der skal tages i betragtning for hovedstrømmens og sekundærstrømmens forløb, ikke nødvendigvis falder sammen med de områder, der skal tages i betragtning for den bane det under trækning værende materiale følger, har man valgt to grupper af områder, hvilke grupper angives i fig. 2 og 2B. Den første gruppe, der betegnes med bogstaver, omfatter områderne A - D og benyttes til beskrivelse af vekselvirkningen mellem strømmene, medens den anden gruppe, der betegnes I - V benyttes for at beskrive den bane materialet følger og den måde, hvorpå materialet omdannes.

For overskueligheds skyld er de områder, der vedrører strømmenes virkning, dvs. områderne A - D i fig. 2 og 2B angivet med betegnelsen "gaszone", medens de områder, der vedrører det under trækning værende materiale, dvs. områderne I - V, betegnes med angivelsen "glasområde". Disse to rækker

af områder er optegnet langs en krum linie, der er i det væsentlige parallel med sekundærstrømmens front eller med en forlængelse af denne front i de områder, hvor fronten ikke længere kan identificeres.

Der anvendes i denne tekst ved forskellige lejligheder udtrykkene "opstrømsside" og "nedstrømsside". Med mindre en anden mening klart fremgår af teksten henviser disse udtryk til strømningsretningen for gasstrømmen 12A.

Man anvender to skalaer, der begge er kalibreret i diameter af sekundærstrømmens åbning. Den første skala er parallel med pladens plan, gennem hvilket strømmen og glasset udgår, medens den anden skala er kalibreret på den netop omtalte krumme linie, der i det væsentlige følger sekundærstrømmens front. De to skalaer er vist i fig. 2B, medens fig. 2 kun viser den første skala. Det bemærkes, at den første skala starter fra et udgangspunkt, som er midterpunktet i udgangsåbningen for sekundærstrømmen, medens den anden skala starter fra et udgangspunkt, der ligger i pladens plan.

I forbindelse med den efterfølgende beskrivelse af de to rækker områder skal det erindres, at selv om det tilsyneladende fremgår af tegningerne, at der er en veldefineret grænselinie mellem et område og det efterfølgende område er der i realiteten ingen klar adskillelse mellem områderne, men snarere et overgangsområde. Med andre ord betyder dette, at de væsentlige karakteristika i et givet område har tendens til at reduceres og progressivt erstattes af det næstfølgende områdes karakteristika. Imidlertid adskiller områderne sig tilstrækkeligt fra hinanden til, at man til en bedre forståelse af opfindelsen kan analysere områderne hver for sig. Den efterfølgende del af beskrivelsen vedrørende de i fig. 2 og 2B viste områder resumeres i tabel II.

TABEL II

| Spalte (1) | Spalte (2)                                                                                                                                  | Spalte (3)                                                                                                      | Spalte (4) | Spalte (5)                                                                                      | Spalte (6) |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|            | Handlingsforløbet i relation til strømvekselvirkningen                                                                                      | Zoneudstrækning udtrykt i udgangsåbningens diameter for sekundærstrømmen, og målt langs sekundærstrømmens front |            | Handlingsforløbet i relation til det trækbare materiale                                         |            |
| Zone A     | Hvirveldannelsesområdet og dannelse af undertryksområdet                                                                                    | 1 - 2                                                                                                           | 1          | Afgivelse og lokalisering                                                                       | Zone I     |
| Zone B     | Dannelse af en dobbeltspiral og sekundærstrømmen ikke længere veldefineret                                                                  | 3 - 5                                                                                                           | 3 - 4      | Progressiv og kontinuerlig reduktion af tværsnitsdimensionen og dannelse af en formstabil kegle | Zone II    |
| Zone C     | Hvirvelstrømmenes diameter vokser. Der er ikke længere udbøjning på nedstrømsiden.                                                          | 7 - 10                                                                                                          | 3 - 4      | Trækning af det bløde materiale under den lokale virkning af energien i områderne III IV og V   | Zone III   |
| Zone D     | Hvirvelstrømmenes energi falder og deres form er ikke længere veldefineret. Den resulterende strøm løber i hovedsagen i nedstrømsretningen. | Minimum<br>3 - 5                                                                                                | 8 - 15     | Overføring af energi til fibren ved piskning med stor hastighed. Hurtig afkøling.               | Zone IV    |
|            |                                                                                                                                             |                                                                                                                 |            | Fibre transporteres videre og afleveres.                                                        | Zone V     |

Tabel II angiver de fire "gaszoner" i spalte 1 og de fem "glaszoner" i spalte 6. Spalte 2 angiver et kort resumé over gasstrømmenes virkning i hver af de nævnte "gaszoner", medens spalte 3 angiver dimensionen af hver af de nævnte "gaszoner" udtrykt i udgangsåbningsdiameteren for sekundærstrømmen. Spalte 5 svarer til spalte 2, men vedrører handlingsforløbet i relation til det trækbare materiale og spalte 4 svarende til spalte 3 angiver dimensionerne af "glaszonerne".

#### Zone A.-

Zonen A befinder sig i nærheden af og langs overfladen af den plade, gennem hvilken sekundærstrømmen og glasstrålen udgår. Som det nærmere skal omtales senere, strækker zonen sig over en større afstand i tværretningen og i retningen fra opstrømssiden til nedstrømssiden. Den strækker sig i retning vinkelret på pladen over en afstand på ca. 1 - 2 diametre af sekundærstrømmens udgangsåbning. I denne zone rammer gasstrømmen, dvs. hovedstrømmen den del af sekundærstrømmen, der ligger nærmest pladen, dvs. den del af sekundærstrømmen, der er den kraftigste og mest veldefinerede. Sekundærstrømmen danner i denne zone en forhindring for hovedstrømmen. Derfor deler hovedstrømmen sig og den strømmer til begge sider af sekundærstrømmen i zonen A, medens sekundærstrømmen praktisk taget bibeholder sin trykkraft og sin form og går gennem hovedstrømmen i denne zone. Som følge af, at sekundærstrømmen i denne zone ikke er afgrænset, dvs. ikke strømmer inden i et rør eller anden kanal med faste vægge, bevirker denne strøm en induktionsvirkning, som har til resultat, at en del af hovedstrømmen bringes med af sekundærstrømmen. Tilstedeværelsen af pladen, fra hvilken sekundærstrømmen udgår, ændrer ikke væsentligt denne forhindringsvirkning eller induktionsvirkningen eller den virkning, at en del af hovedstrømmen bringes med af sekundærstrømmen, men bevirker en grænselagsvirkning. Disse kombinerede virkninger (forhindring, induktion og grænselagsvirkning) bevirker, at der opstår et område med relativt lavt tryk, dvs. med undertryk i forhold til det tryk, der hersker i hovedstrømmen umiddelbart foran sekundærstrømmen.

De adskilte dele af hovedstrømmen strømmer uden om sekundærstrømmen og i retning mod undertryksområdet og forenes igen til dannelse af kraftige cirkulationsstrømme, der i fig. 2A, 2B og 2C antydes ved linien 18. Til at begynde med krummer linien sig om sig selv, fordi der er en strømkomponent, der er rettet fra højre til venstre, dvs. går imod hovedstrømmens retning, der som tidligere nævnt strømmer fra venstre til højre. Disse strømminger går derefter opad, fordi der er en opadgående strømkomponent på tværs af hovedstrømmens retning.

Størrelsen af undertryksområdet afhænger af forholdet mellem hovedstrømmens og sekundærstrømmens kinetiske energi pr. rumenhed. I hovedstrømmens generelle retning strækker undertryksområdet sig over en længde på ca. 2 - 3 gange diameteren af sekundærstrømmens udgangsåbning og i tværretningen strækker

den sig over en afstand på 1 - 2 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen.

Vekselvirkningen mellem hovedstrømmen og sekundærstrømmen i zonen A bevirker, at der dannes to i indbyrdes modsatte retninger drejende hvirvelstrømme beliggende på hver sin side af sekundærstrømmen og en smule på nedstrømssiden i forhold til sekundærstrømmens akse. Som det klart fremgår af fig. 2A, begynder disse to hvirvelstrømme i zonen A nær pladen og de udvikler sig opefter og krummer sig progressivt i retning mod nedstrømssiden.

Fig. 2C er et snit i et plan beliggende lidt over pladen, dvs. i zonen A og viser recirkulationsstrømmene og hvirvelstrømmene, der på dette tidspunkt har et relativt lille tværmål.

Fig. 2D analogt med fig. 2C er et snit i et plan beliggende oven over pladen og i overgangsområdet mellem zonerne A og B. Ved at sammenligne fig. 2C og 2D vil man se, at hvirvelstrømmene har fået større diameter.

Det fremgår af fig. 2C og 2D, at hovedstrømmen 12A har et tilnærmelsesvis ensartet strømningsforløb undtagen i området umiddelbart i nærheden af sekundærstrømmen 15. Zonen A strækker sig over hele dette forstyrrede område og over en kort afstand på opstrømssiden i forhold til sekundærstrømmen og en betydelig større afstand på nedstrømssiden og i sideretningen indtil de strømninger, der ligger længst bort fra sekundærstrømmen og vender tilbage mod hovedstrømmens retning.

Med hensyn til vekselvirkningen mellem strømmene karakteriseres zonen A, ved at der opstår to i indbyrdes modsatte retninger drejende hvirvelstrømme, og at der opstår et undertryksområde umiddelbart på nedstrømssiden i forhold til sekundærstrømmen, hvilket område er veldefineret mellem spidsen af hvirvelstrømmene og området umiddelbart på nedstrømssiden i forhold til disse hvirvelstrømme.

Før man skal se på zonen B bør det erindres, at sekundærstrømmen ligesom hvirvelstrømmene begynder i retning vinkelret på hovedstrømmens retning og afbøjes i en retning i det væsentlige lig med nedstrømsretningen, medens sekundærstrømmen blandes med hovedstrømmen. Denne afbøjning af sekundærstrømmen og hvirvelstrømmene, der begynder i zonen A afsluttes i zonerne D og C og sker over en strækning, hvis længde tilnærmelsesvis er lig med 10 - 13 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen, hvilken strækning måles på sekundærstrømmens opstrømsside, dvs. langs den anden skala, der er vist i fig. 2B.

#### Zone B -

Zonen B strækker sig opefter fra den øvre grænse af zonen A og over en afstand lig med ca. 3 - 5 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen, hvilken strækning måles langs den anden skala i fig. 2B. Som følge af den under henvisning til beskrivelsen af zonen A omtalte induktionsvirkning

i området B, vil sekundærstrømmens yderste lag progressivt blandes med de tilstødende lag af hovedstrømmen, således at tykkelsen af det lag, der blandes, vokser, medens det inderste lag i sekundærstrømmen progressivt mister sin form og forsvinder. I det niveau, hvor fig. 2D er tegnet, eksisterer det inderste i sekundærstrømmen endnu - området 15 - hvor der er bestemte og genkendelige strømningsforhold, der adskiller sig fra strømningsforholdene i hovedstrømmen. Zonen B afsluttes på det sted, hvor sekundærstrømmens centrale del forsvinder.

Efterhånden som sekundærstrømmen mister sin selvstændige form dvs. sine oprindelige karakteristika vedrørende hastigheden og retningen, opstår der en ny strømning som antydtes ved 21, som er resultatet af en blanding af sekundærstrømmen og hovedstrømmen, hvilken strømning kan betegnes blandingsstrømning, trækningsstrømning, trækningsstrøm eller fiberdannelsesstrøm og det er denne strømning, der opstår ved afslutningen af zonen B.

Afbøjningen af den centrale del af sekundærstrømmen og af det hvirvlen-de blandingslag i retning mod nedstrømssiden indebærer en reducere af tværsnitsformen af sekundærstrømmens centrale del og en deformation af det nævnte lag. Som det fremgår af fig. 2D, deformerer denne tværsnitsform, idet den bliver fladere og længere i sideretningen i forhold til hovedstrømmen og sidekanterne af denne tværsnitsform vikler sig progressivt til dannelse af de to ovennævnte hvirvelstrømme. Denne deformerede tværsnitsform kan sammenlignes med den velkendte dobbeltvolut på en jonisk søjle.

De lag af hovedstrømmen, der grænser til sekundærstrømmen og strømmer uden om denne, bibringer de to hvirvelstrømme deres drejeretning. Drejeretningen er sådan, at en partikel, der befinder sig på ydersiden af den ene eller den anden hvirvelstrøm tvinges mod den konkave del i den ovenfor nævnte dobbeltvolut, idet denne partikel behandles af hvirvelstrømmene på samme måde som mellem to valser, der drejer i indbyrdes modsatte retninger.

Medens yderlagene i hvirvelstrømmene drejer med hastigheder af samme størrelsesorden som hastigheden i de tilstødende lag i hovedstrømmen, drejer den centrale eller inderste del i hver hvirvelstrøm om sig selv med en meget stor hastighed. Hver hvirvelstrøm udøver induktionsvirkning på de tilstødende dele af hovedstrømmen, som strømmer uden om sekundærstrømmen. Den inducerede strømning er rettet op efter og mod det indre af den konkavitet, der dannes af den affladede profil for sekundærstrømmens reststrømning og blandingslaget.

Hvirvelstrømmenes tværmål vokser meget betydeligt under forløbet gennem zonen B og disse to hvirvelstrømme danner tilsammen en slags skærm, der virker som deflektor overfor en stor del af hovedstrømmen.

Medens fluidet løber med disse hvirvelstrømme med meget stor hastighed er det overraskende at konstatere, at hvirvelstrømmene er form- og positions-stabile. Spidsen af disse to hvirvelstrømme befinder sig ved sekundærstrømmens

udgangsåbning og en lille smule forskudt til nedstrømssiden i forhold til akse gennem åbningen og indhyllingsfladen for disse to hvirvelstrømme er praktisk taget stillestående.

#### Zone C.-

Zonen C strækker sig over en afstand svarende til 7 - 10 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen, målt langs den anden skala. Denne zone er det område, hvori blandingsstrømmen og hvirvelstrømmene praktisk taget afslutter deres udbøjning i retning mod nedstrømssiden. Sekundærstrømmen, som ikke længere kan defineres, har fremkaldt en blandingsstrøm eller trækningsstrøm. De to hvirvelstrømme fortsætter med at folde sig ud under opretholdelse af den ovenfor nævnte skærm. Ved enden af zonen C begynder hvirvelstrømmene imidlertid at være mindre erkendelige. Fig. 2E og 2F, som er snitbilleder taget i zonen C viser hvirvelstrømmene 14B.

Til yderligere forklaring af vekselvirkningen mellem hovedstrømmen og sekundærstrømmen i zonerne A, B og C henvises der nu til fig. 2H. Fig. 2H i sin helhed viser et billede af samme art som vist i fig. 2A, men hvori man for overskueligheds skyld har undladt at vise glasset. Fig. 2H viser også visse aspekter af gasstrømningen i forhold til det plan H, der er vinkelret på hovedstrømmen og befinder sig på opstrømssiden i forhold til sekundærstrømmen og i tilstrækkelig afstand til, at hovedstrømmens strømning på dette sted ikke forstyrres af vekselvirkningsfænomenet.

Den dybde, hvormed sekundærstrømmen 15 trænger ind i hovedstrømmen 12A, hvis totale højde er T, er et vigtigt element i vekselvirkningen mellem sekundærstrømmen og hovedstrømmen. Generelt set kan man sige, at sekundærstrømmen trænger mere ind i hovedstrømmen, når sekundærstrømmen er kraftigere i forhold til hovedstrømmen.

I fig. 2 og 2H angiver punktet P', som er beliggende ved fronten af blandingsområdet ved afslutningen af zonen C på det sted, hvor udbøjningen er afsluttet, og markerer den yderste grænse for blandingsstrømmen i hovedstrømmen.

Medens hovedstrømmen udøver vekselvirkning med sekundærstrømmen, vil en del af hovedstrømmen bøjes udefter, hvorved de strømningslinier af hovedstrømmen, der passerer oven over punktet P', bøjes opefter som følge af den førnævnte deflektorvirkning fra blandingsstrømmen. Derfor vil denne del af hovedstrømmen undslippe vekselvirkningsområdets indflydelse og de fortsætter deres bevægelse til nedstrømssiden uden at blive opfanget af eller indsuget i denne zone eller uden at blive udsat for induktionsvirkning fra denne zone.

Som følge heraf vil den strømlinie, der går gennem punktet P', gå gennem planet H ved et punkt 5, som ligger i en højde P over pladens plan. Denne højde er mindre end højden fra samme plan til punktet P'. Punktet 5 er altså det punkt, gennem hvilket går den strømningslinie af hovedstrømmen, der lig-

ger fjernest fra udgangsplanet og dog fortsat bidrager til vekselvirkningen. Derfor betegnes  $P$ , som er afstanden fra udgangsplanet til punktet 5 i planet  $H$  som sekundærstrømmens indtrængningshøjde i hovedstrømmen.

Den maksimale dimension af sekundærstrømmen målt på tværs af hovedstrømmen og i udgangsplanet betegnes  $DJ$ , hvilken dimension er lig med diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen 14 i det tilfælde, hvor denne sekundærstrøm har et cirkulært tværsnit.

Hele den del af hovedstrømmen, der direkte skæres af sekundærstrømmen, dvs. den del, der har en bredde  $DJ$  og tilnærmelsesvis en højde  $P$ , bidrager til vekselvirkningen med sekundærstrømmen.

En del af hovedstrømmen på begge sider af sekundærstrømmen bidrager også til vekselvirkningen. Dette antydes ved de forskellige strømlinier 18, der krummer bagud og opefter i retning mod den øvre del af sekundærstrømmen og mod hvirvelstrømmene. Ud over en vis grænse vil hovedstrømmen bøjes lidt udefter omkring vekselvirkningsområdet, hvorefter den igen bøjes ind, dog uden at samvirke med blandingsstrømmen, som trækker fibren. I den i fig. 2H viste situation har den del af hovedstrømmen, der blandes med sekundærstrømmen en bredde  $DB$ , der tilnærmelsesvis er lig med 1,5 - 3 gange sekundærstrømmens bredde  $DJ$  målt på tværs af hovedstrømmen.

Fig. 2H viser i fem forskellige niveauer hovedstrømmens strømningslinier hidrørende fra enderne af linierne 1 - 1', 2 - 2', 3 - 3' og 4 - 4' og fra punktet 5. Punkterne 1, 2, 3, 4, 5 og 4', 3', 2', 1' og 1 er forbundet med hinanden ved hjælp af en linie 6, der afgrænser det skraverede område, som svarer til den del af hovedstrømmen, der blandes med sekundærstrømmen. Det areal, der afgrænses af denne linie 6, og som betegnes hovedstrømmens nytteareal, er tilnærmelsesvis lig med produktet af  $D_B$  med  $P$ .

Den del af hovedstrømmen, der går gennem planet  $H$  uden for det af linien 6 afgrænsede område bidrager ikke direkte til vekselvirkningen, men vil blot afbøjes mere eller mindre af hovedstrømmen afhængigt af afstanden til nævnte linie 6 i planet  $H$ .

Det tværsnitsareal gennem hovedstrømmen i et område, der på opstrøms-siden ligger tilstrækkeligt langt fra sekundærstrømmen til, at den pågældende del af hovedstrømmen svarer til en del, som ikke forstyrres af sekundærstrømmen - gennem dette tværsnitsareal går alle de strømlinier i hovedstrømmen, der sammen med sekundærstrømmen bidrager til dannelse af vekselvirkningsområdet - betegnes hovedstrømmens nytteareal  $S_B$ .

Som det skal forklares nærmere nedenfor har dette nytteareal stor betydning for trækningen.

Det tilsvarende nytteareal for sekundærstrømmen er tværsnittet gennem udgangsåbningen 14 for sekundærstrømmen. I det følgende betegnes dette nytte-

areal  $S_J$ .

Det er kendt, at en masse  $m$ , som bevæger sig med en hastighed  $v$  har en bevægelsesmængde  $M$  lig med

$$M = mv$$

Når det drejer sig om et strømmende fluidum som hovedstrømmen og sekundærstrømmen i det foreliggende tilfælde, kan massen  $m$  beregnes ud fra massen  $\rho$  pr. rumenhed og ud fra det volumen af fluidum, der pr. tidsenhed strømmer gennem et givet tværsnitsareal, hvilket volumen er lig med produktet af gennemstrømningsarealet  $S$  med strømningshastigheden  $v$ :

$$m = S \rho v$$

Ved at indføre  $m$  i udtrykket for bevægelsesmængden opnår man:

$$M = S \rho v^2$$

Da de tværsnitsarealer i hovedstrømmen og sekundærstrømmen, der gør sig gældende for trækningen, er de ovenfor nævnte nyttearealer  $S_B$  og  $S_J$ , kan bevægelsesmængderne for hovedstrømmen og sekundærstrømmen udtrykkes på følgende måde, idet man anvender indeksen  $B$  for hovedstrømmen og indeksen  $J$  for sekundærstrømmen:

$$M_B = S_B \rho_B v_B^2$$

$$\text{og} \quad M_J = S_J \rho_J v_J^2$$

Man har konstateret, at den maksimale indtrængningsdybde  $P$  for sekundærstrømmen inden i hovedstrømmen er direkte proportional med sekundærstrømmens størrelse  $B_J$  og med forholdet mellem den kinetiske energi pr. volumenenhed for sekundærstrømmen og den kinetiske energi pr. volumenenhed for hovedstrømmen.

Man kan derfor i alle udførelsesformerne for apparatet til udøvelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen, uafhængigt af nyttearealerne, gøre brug af forholdet mellem den kinetiske energi pr. volumenenhed for de to strømme, når man skal bestemme driften. Man kan måle disse størrelser direkte ved hjælp af kendte metoder i stedet for at skulle tage hensyn til forholdet mellem bevægelsesmængderne for de to strømme.

Udtrykket kinetisk energi pr. volumenenhed for en strøm henfører til den kinetiske energi i den del af strømmen, der går gennem det område, hvor der opstår vekselvirkning med en anden strøm. I den følgende del af teksten vil man derfor kun tale om forholdet mellem de kinetiske energier pr. volumenenhed.

### Zone D -

Zonen D er vist, som om den begynder på det sted, hvor zonen C afsluttes, men den anden grænse er ikke markeret, hvilket blot skyldes det forhold, at grænsen af zonen D på nedstrømssiden ikke er veldefineret.

De to i indbyrdes modsatte retninger roterende hvirvelstrømme taber progressivt deres form, deres vinkelhastighed og deres energi inden for denne zone. Fig. 2G viser et snit umiddelbart efter begyndelsen af zonen D og det vil ses, at hvirvelstrømmene ikke længere er separat genkendelige som i fig. 2F. Hvirvelstrømmene taber deres form og forsvinder efterhånden i hovedstrømmen og efter en afstand på ca. 3 - 5 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen, hvilken afstand måles på den store skala fra afslutningen af zonen C, kan man sige, at vekselvirkningsfænomenet er forsvundet.

Selv om hovedstrømmens ensartethed og homogenitet ikke kan genoprettes fuldstændigt efter den forstyrrelse denne strøm udsættes for i zonerne A, B og C, vil hovedstrømmens strømning dog være tilstrækkeligt genoprettet ved en afstand på 3 - 5 gange diameteren af sekundærstrømmen målt fra begyndelsen af zonen D til at danne den dominerende strømning inden for denne zone.

Genoprettelsen af hovedstrømmen sker i en afstand, målt langs den anden skala i fig. 2B, på 16 - 18 gange diameteren af sekundærstrømmen, hvilket i den i fig. 2B viste opstilling svarer til en afstand på ca. 7 - 10 gange diameteren af sekundærstrømmen, målt langs den første skala.

Med andre ord gør vekselvirkningen, som bevirker fiberdannelsen, sig gældende over en strækning på 7 - 10 gange sekundærstrømmens diameter, hvilken strækning måles langs den første skala, således at man kan placere endnu en strøm i denne afstand fra den førstnævnte og på nedstrømssiden og dermed opstille et nyt fiberdannelsessted som følge af tilstedeværelsen af vekselvirkningen ved hjælp af denne strøm. På denne måde kan man i retning fra opstrømssiden til nedstrømssiden i én enkelt hovedstrøm opstille en række fiberdannelsessteder.

### Zone I -

Zonen I omfatter den ovenfor nævnte del af zonen A, der støder til pladen 10, dvs. den del, hvori recirkulationsstrømmene er de kraftigste. På samme måde som zonen A spreder zonen I sig meget, både i tværretningen og i retning fra opstrømssiden til nedstrømssiden. I retning vinkelret på pladen spreder zonen sig op til en afstand på 1 - 2 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen.

I zonen I afgives glasset enten direkte i det undertrykssområde, der befinder sig umiddelbart efter sekundærstrømmen eller tvinges tilbage til dette område efter at være blevet bragt til et sted i en vis afstand fra dette område. Man er sikker på, at glasset vil flyde og trænge ind i dette område på præcis måde,

selvom udgangsåbningen for glasset fra pladen 10 ikke befinder sig i umiddelbar nærhed af den side af sekundærstrømmen, der vender mod nedstrømssiden. Dette skyldes de ovenfor nævnte recirkulationsstrømme, som er ret kraftige og veldefinerede i zonen I. Med andre ord vil glasset i zonen I lokalisere sig i det undertryksområde, der befinder sig umiddelbart efter sekundærstrømmen. Denne lokalisering fremgår klart af fig. 2G.

Dette lokaliseringsfænomen har stor betydning for fremgangsmåden ifølge opfindelsen, idet det bidrager væsentlig til dannelse af en meget stabil glaskegle, hvis spids kan trækkes til en fiber. Denne lokaliseringsvirkning giver glaskeglen en ganske bestemt reproducerbar og forudsigelig bundflade.

Inden for vide grænser, som skal omtales nærmere nedenfor, konstaterer man, at glasset, når det i apparatet indføres på et andet sted end et sted umiddelbart efter sekundærstrømmen hurtigt og direkte flyder over til lokaliseringsområdet. Hvis glasset indføres en smule nedenfor hullet 16, jfr. fig. 2B, tvinger recirkulationsstrømmene glasset tilbage i retning mod og til den side af sekundærstrømmen, der vender mod nedstrømssiden, dvs. netop til det ønskede sted.

Glasset kan også indføres nedenfor sekundærstrømmen og lidt til den ene eller den anden side af midterlinien og vil fortsat bringes med af recirkulationsstrømmene. Hvis man indfører glasset på et vilkårligt sted inden for undertryksområdet, vil glasset straks flyde til det ønskede sted og lokaliseres på dette sted på den side af sekundærstrømmen, der vender mod nedstrømssiden.

Hvis man indfører glasset i et område, der ligger på opstrømssiden af sekundærstrømmen, og i det væsentlige ud for sekundærstrømmens centrum regnet i hovedstrømmens retning, vil glasset flyde langs pladen i retning mod sekundærstrømmens opstrømsside og til tider dele sig, således at en del strømmer på hver side af sekundærstrømmens bundparti. I så fald vil disse opdelte glasstråler tvinges tilbage til det ønskede sted nedenfor sekundærstrømmen. Hvis glasstrålen ikke opdeles, vil den flyde på den ene side eller på den anden side af sekundærstrømmen og tvinges til samme sted.

Hvis glasset indføres foran sekundærstrømmen og lidt til side i forhold til midterlinien, vil det strømme ned i retning mod bunden af sekundærstrømmen og derefter langs den ene eller den anden side af sekundærstrømmen for til sidst at nå det ønskede sted, umiddelbart nedenfor sekundærstrømmen.

Det vil dog ses, at hvis man indfører glasset et godt stykke nedenfor sekundærstrømmen, f.eks. i en afstand lig med fire gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen eller endnu fjernere, vil glasset ikke fanges af recirkulationsstrømmene. Hvis man ligeledes indfører glasset foran sekundærstrømmen, men i en position, der er alt for fjern fra sekundærstrømmen, vil glasset strømme uden om sekundærstrømmen uden at blive opfanget af recirkulationsstrømmene.

Inden for relativt vide grænser giver fremgangsmåden ifølge opfindel-

sen imidlertid mulighed for at vælge det punkt, hvor glasset udgår fra pladen, uden at dette indvirker på de ønskede resultater.

Foruden de virkninger gasstrømmene udøver på glasset i zonen I, opstår der også en overfladespænding, navnlig i det område, der ligger i umiddelbar nærhed af udgangsåbningen for glasset. Denne overfladespænding bestemmes af kontakten mellem glasset og omkredsen af udgangsåbningen, medens glasset trænger ud fra denne åbning i pladens plan. Ved at placere udgangsåbningerne for glasset i lokaliseringsområdet umiddelbart nedenfor sekundærstrømmen kan man benytte sig af denne overfladespænding, som kan anvendes til at forøge glaskeglens stabilitet. Af denne grund foretrækker man at anbringe udgangsåbningerne for glasset umiddelbart nedenfor sekundærstrømmen.

Af det foregående fremgår det, at materialets udstrømning i zonen I karakteriseres ved, at materialet tilføres et sted i umiddelbar nærhed af vekselvirkningsområdet, og ved at materialet lokaliseres på et sted, der er beliggende umiddelbart nedenfor sekundærstrømmen i forhold til nedstrømssiden.

#### Zone II -

Af grunde, som skal forklares nærmere senere, strækker zonen II sig fra enden af zonen I over en afstand på ca. tre gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen. I zonen II vil glasset, der allerede lokaliseres som ovenfor angivet under henvisning til zonen I, bringes med af den kombinerede virkning af gasstrømmene og danne en stabil kegle. I keglen strømmer glasset tilnærmelsesvis laminært og keglens tværmål aftager kontinuerligt, ensartet og progressivt i retning mod spidsen. Denne ensartede formindskelse af tværmålet har stor betydning med henblik på frembringelse af en fiber, der har en i det væsentlige konstant diameter over hele længden og for at sikre en kontinuerlig fiberdannelse.

Fig. 2A viser, at formindsnelsen af glaskeglens tværmål sker samtidigt med at hvirvelstrømmene vokser, og at keglen tilvejebringes i den konkavitet, der dannes af hvirvelstrømmene og den mod nedstrømssiden vendende side af sekundærstrømmen. Herved beskyttes glaskeglen mod brydevirkningen som hovedstrømmen kunne bevirke. Dette fører til en stabil glasstrømning, som er et af de væsentligste træk ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen.

Fig. 2D viser, at glaskeglens tværmål blev formindsket i forhold til fig. 2C, hvilket skyldes det forhold, at det i fig. 2B viste snit ligger nærmere toppen af glaskeglen.

I nærheden af pladen har hvirvelstrømmene en meget lille tværsnitsdimension, og deres friktion mod glasoverfladen er ret begrænset. Efterhånden som man fjerner sig fra pladen, folder hvirvelstrømmene sig ud, og de kommer i kontakt med glaskeglen over et større areal, hvilket bevirker, at hvirvelstrømmene har stigende indflydelse på trækningen af glasset. Det trækbare materiale i

zonen I og i en ret stor del af zonen II er meget stabilt, såvel hvad angår dimensionerne som bevægelsen. Formen, dimensionerne og positionen af den del af glaskeglen, der befinder sig mellem pladen 10 og begyndelsen af spidsen 19B af glaskeglen, er tilnærmelsesvis konstante for et givet sæt driftsparametre. Der er en konstant og ensartet bevægelse af det smeltede glas inden i keglen, efterhånden som det strækbare materiale siver ud fra udgangsåbningen i pladen 10. Imidlertid er glasstrømningen i keglen ikke synlig og keglen synes at være næsten ubevægelig op til ca. det sted, der betegnes 19B på fig. 2B. Efter det niveau, der betegnes 19B bevæger spidsen af glaskeglen sig hurtigt og uafbrudt sommetider i retning fra opstrømssiden til nedstrømssiden, sommetider i tværretningen og sommetider i en cirkulær bevægelse.

Stabiliteten af glaskeglen er en meget vægtig karakteristik til gennemførelse af trækning i overensstemmelse med opfindelsen, idet den gør det muligt på kontinuerlig måde at danne fibre, hvis diameter er tilnærmelsesvis konstant, praktisk taget uden at der opstår glasrester i det færdige produkt. Der dannes en meget stabil glaskegle, hvis højde eller længde kan varieres inden for vide grænser ved et passende valg af en eller flere af de nedenfor beskrevne driftsparametre. Det skal dog i denne forbindelse bemærkes, at keglens stabilitet er uafhængig af keglens højde.

#### Zone III -

I forbindelse med zonerne I og II har man beskrevet en metode til tilførsel af trækbart materiale i smeltet tilstand med konstant og reproducerbar mængde i form af en tråd, hvis tværmål aftager kontinuerligt og progressivt, i et område, hvor materialet kan trækkes til en fiber. Med andre ord har beskrivelsen hidtil kun beskæftiget sig med tilførslen af smeltet glas i et område, hvor der er en hurtig gasstrømning.

Vi skal nu beskrive zonen III, dvs. det område, hvori den sidste fase af trækningsprocessen forekommer, dvs. trækning af det smeltede materiale til meget tynde fibre. Denne trækning udøves på en lille del af glastråden og følgelig strækker zonen III sig kun over en afstand på ca. 3 - 5 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen, målt på den store skala, dvs. fra enden af zonen II.

Trækningsprocessen karakteriseres ved en bemærkelsesværdig dynamisk virkning i zonen III. Selvom det har været muligt at iagttage glassets opførsel i zonerne I og II, enten ved direkte iagttagelse eller ved hjælp af filmoptagelser med meget stor optagelseshastighed, er den virkning det trækbare materiale udsættes for i zonen III alt for hurtig til at kunne ses med det blotte øje og ligeledes alt for hurtig for klart at kunne optages på film ved hjælp af et kamera.

Man har foretaget grundige undersøgelser med projicering i langsom

hastighed, med hastigheder helt ned til 1 billed pr. sek, af film, som blev taget med hastigheder på 4000, 6500 og 10000 billeder pr. sek. Disse undersøgelser har med sikkerhed bevist, at der tilvejebringes én enkelt fiber fra spidsen af keglen. Der er dog fortsat en vis usikkerhed hvad angår det eksakte forløb af fibren i zonen III. Det er af denne grund, at man som øvre grænse har angivet for zonen II det punkt, hvortil glassets bevægelse kan iagttages med det blotte øje.

Det man har iagttaget, navnlig ved hjælp af de ovenfor nævnte meget hurtige filmoptagelser, er en regelmæssig, gentagen piskning, som tilsyneladende forekommer i ét og samme plan, men som på grund af hvirvelstrømmens rotationsbevægelse i trækningssområdet sandsynligvis og i det mindste over en stor del af tiden følger et spiralformet forløb, hvis stigning og amplitude vokser i nedstrømningsretningen.

En sammenligning mellem virkningsgraden for et fiberdannelsessted ifølge opfindelsen og virkningsgraden ved de fire førnævnte hovedmetoder viser, at produktionsevnen ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen er betydelig større end i de andre kendte metoder og ligger i forhold 10/1 for alle disse metoder med undtagelse af damptrækningemetoden, hvor forholdet er 2/1. Produktionen kan udregnes på grundlag af tabel I under hensyntagen til den procentdel af materiale, som ikke omdannes til fibre eller svarer til affald i forhold til middelproduktionen i den pågældende fremstillingsmetode.

Frembringelsen af én enkelt fiber fra én enkelt glaskegle med en så stor produktionsevne beviser, at hastigheden af fibrene under trækningen er mindst 8 - 10 gange større end hastigheden af hovedstrømmen og af sekundærstrømmen. Oplysninger vedrørende temperaturen i hovedstrømmen og sekundærstrømmen vil blive givet senere. På nuværende tidspunkt skal det blot angives, at temperaturen i hovedstrømmen omkring glasset i zonen III skal være tilstrækkelig høj til, at glasset befinder sig i en så blød tilstand, at der kan forekomme trækning i denne zone.

I betragtning af, hvad der sker med det trækbare materiale i zonen III mellem det punkt, hvor materialet udgår fra den stabile kegle og det punkt, på nedstrømssiden, hvor materialet opsamles i form af en tynd og størknet fiber og under hensyntagen til den piskning man kan konstatere kan det formodes, at tråden af trækbart materiale, medens det endnu befinder sig inden for zonen II, trækkes ind i den konkave del, der dannes af de to i indbyrdes modsatte retninger drejende hvirvelstrømme og sekundærstrømmen, idet den tvinges ind i dette område ved hjælp af de komponenter, der er rettet mod det indre 15B af hvirvelstrømme. I dette konkave område udsættes glastråden for det relativt høje tryk fra den tidligere omtalte fluidumsskærm og tvinges til at trænge ind i det hurtigt roterende yderlag på den ene eller den anden hvirvelstrøm, hvor materialet udsæt-

tes for en spiralformet bevægelse med stor hastighed, således at det trækkes til en meget tynd fiber i zonen III.

Den eksakte bevægelse materialet udfører, er ukendt. Vedrørende disse fænomener kan man dog drage visse konklusioner på grundlag af de oplysninger man råder over. Den meget store og praktisk taget uendelige længde af fibren i forhold til den meget reducerede dimension af zonen III kan betyde, at trækningen forekommer på samme måde, som hvis det trækbare materiale var fastholdt ved begge ender og udsat for en meget hurtig piskning. Den ene ende af materialetråden er fast, idet den er fast forbundet med glaskeglen. Til gengæld synes den modsatte ende at være fri, men i realiteten er den ikke fri, fordi den er fast forbundet med den allerede afkølede og størknede fiber, der er passeret gennem zonen III, og som befinder sig længere fremme i forhold til den del af tråden, der er under trækning. Den kolde fiber fastholdes og trækkes af de friktionskræfter, der hidrører fra strømmingen i zonen D.

Den energi, der udvikles ved denne piskning eller hvirvelbevægelse af den størknede fiber, - jfr. den efterfølgende del af beskrivelsen vedrørende zonerne IV og V - ~~føres~~ tilbage på opstrømssiden og bringes derfor til at indvirke på den meget kraftige trækning, der foregår i zonen III. Da trækningen af fibren kun finder sted over en afstand, der er lig med nogle få gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmingen, vil den største del af piskningsenergien koncentreres og forbruges inden for denne zone III. Den resterende del af denne energi bevirker, at spidsen af keglen udfører en tilfældig bevægelse.

Af det foregående fremgår det, at zonen III karakteriseres ved en komplet trækning af fibren som følge af den energi, der udvikles i zonerne IV og V.

#### Zone IV.-

Zonen IV, der strækker sig over en afstand på tilnærmelsesvis 8 - 15 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen omfatter det område, hvori den allerede størknede fiber transporteres og fortsat udsættes for den kraftige piskning, der skyldes de kræfter, som udvikles i hvirvelstrømmene. Fig. 2E og 2F viser snit, der illustrerer denne piskning af glasfibren.

Som tidligere nævnt ligger et væsentligt træk ved opfindelsen i det faktum, at fibrene på et meget tidligt tidspunkt transporteres til et relativt koldt område, hvori en trækning ikke længere er mulig, og det er dette der sker under deres overgang fra zonen III til zonen IV.

#### Zone V -

Zonen V strækker sig fra enden af zonen IV til det sted, hvor fibrene samles op. På det tidspunkt, hvor fiberen når zonen V, er hvirvelstrømmene meget svage og kan næsten ikke iagttages, jfr. fig. 2E. Efter dette punkt vil den næsten genoprettede hovedstrøm bringe fiberen med sig ud fra fiberdan-

nelsessystemet.

Som beskrevet under henvisning til zonen C vil den trækingsstrøm, der resulterer af en blanding af hovedstrømmen og sekundærstrømmen, bøjes ud i en retning svarende til nedstrømsretningen. I zonen IV, når denne udbøjning er næsten afsluttet, tvinges glasfibren bort fra det plan, hvori glasset indføres og til de ydre lag, hvor glasfibren hurtigt afkøles.

I alle de viste udførelsesformer, bortset fra fig. 3, er de ydre lag, der ligger længst bort fra det plan, hvori glasset indføres, koldere end de lag, der ligger i nærheden af dette plan, eftersom hovedstrømmen og sekundærstrømmen bevirker, at der ved induktion tilføres en mængde omgivende luft, der er betydeligt koldere, hvilket i fig. 3A antydes ved linierne 12B.

Som følge af, at der i den i fig. 3 viste udførelsesform ikke findes kold omgivende luft, må den hurtige afkøling af fibren opnås på anden måde. Eksempelvis kan hovedstrømmen til dette formål have en lavere temperatur og sekundærstrømmen en højere temperatur, hvilket fører til det resultat, at den ønskede temperatur for glasset i zonen III, opretholdes ved hjælp af den varmere sekundærstrøm, mens den hurtige afkøling af fibren efter zonen III opnås ved hjælp af den koldere hovedstrøm.

I denne forbindelse skal det bemærkes, at man i alle de udførelsesformer, hvor der findes et antal fiberdannelsessteder, der er fordelt efter hinanden i retning mod nedstrømsiden langs hovedstrømmens retning, må tage visse forholdsregler for at sikre, at zonerne III og IV for et hvilket som helst fiberdannelsessted placeres i overensstemmelse med de nedenfor givne retningslinier, således at deres temperaturer bliver dels tilstrækkeligt høje til at sikre fiberdannelsen i zonen III, dels tilstrækkeligt lave til at sikre den ønskede afkøling, når fibren går over til zonen IV. Ved den i fig. 3A og 4 viste udførelsesform opnås dette, ved at hvert fiberdannelsessted bevirker trækning i en afstand fra udgangsplanet, der er mindre end den tilsvarende afstand for det umiddelbart foregående fiberdannelsessted. Da hovedstrømmen er varmere i nærheden af udgangsplanet, vil den beskrevne opstilling muliggøre både en hurtig afkøling af fibrene som ønsket og opretholdelse af en passende temperatur i hovedstrømmen ved de forskellige fiberdannelsessteder i rækken i nedstrømsretningen.

En anden måde at opnå det samme resultat på er vist i fig. 5, hvor forholdet mellem den kinetiske energi pr. volumenenhed i sekundærstrømmen i den første række og i hovedstrømmen og tykkelsen af hovedstrømmen har sådanne værdier, at den endelige udbøjning af blandingsstrømmen og fibren med væggen danner en vinkel, der ikke er nul, og ved at den kinetiske energi pr. volumenenhed i sekundærstrømmene i de successive rækker reduceres progressivt med henblik på opretholdelse af et konstant forhold mellem værdierne for den kinetiske energi pr. volumenenhed for de successive sekundærstrømme og hovedstrømmen. Som følge

heraf vil slutudbøjningerne af den resulterende strøm af gas og fibre fra de successive rækker praktisk taget være parallelle med udbøjningerne for den første række. Da blandingsstrømmen ret hurtigt går ud fra hovedstrømmen, vil et lag af denne blandingsstrøm med praktisk taget konstant tykkelse og høj og ensartet temperatur opretholdes langs væggen over flere rækker fiberdannelsesteder. Ved dette arrangement holdes overgangspunktet fra zonen III (lag med høj og ensartet temperatur) til zonen IV (zonen afkøles med induceret luft) i praktisk taget konstant afstand fra væggen for alle successive rækker, således at der sikres praktisk taget identiske afkølingsforhold for alle disse rækker.

Denne opstilling muliggør en væsentlig forøgelse af antallet af successive fiberdannelsesteder.

Afstanden mellem det plan, hvori glasset indføres og begyndelsen af zonen III, hvor trækningen finder sted, svarer som før omtalt til længden af glaskeglen. Længden af glaskeglen afhænger af følgende parametre: Den tilførte glasmængde pr. tidsenhed, diameteren i bunden af glaskeglen, glassets viskositet, dvs. glaskeglens temperatur, energien i recirkulationsstrømmene og forholdet mellem den kinetiske energi pr. rumenhed i sekundærstrømmen og den kinetiske energi pr. rumenhed i hovedstrømmen. Jo større indtrængningsdybden er, jo større kan den maksimale glasmængde pr. rumenhed være, eftersom længden af glaskeglen er direkte proportional med indtrængningsdybden. Da man tilsigter at opnå en stor produktionsevne, må man have en ret stor indtrængningsdybde. Med hensyn til brændstofforbruget er det hensigtsmæssigt mest muligt at udnytte højden  $T$  af hovedstrømmen, jfr. fig. 2H. Hensigtsmæssigt skal man også transportere den strakte fiber hurtigt muligt fra det varme område til et relativt koldt område i den blandingsstrøm, der blev brugt til trækning af fibren.

Af det foregående fremgår det, at det har stor betydning, at sekundærstrømmen ikke går igennem hovedstrømmen. Dette indebærer en grænse for indtrængningsdybden under hensyntagen til højden af hovedstrømmen. Dette indebærer også, at der er en vis grænse for længden af glaskeglen i en given strømningskonfiguration.

Den foregående analyse og de ledsagende forklaringer kan betragtes som bekræftet af det forskningsarbejde, der er gennemført inden for fluiddynamik ved undersøgelse af vekselvirkningen mellem strømninger fra fly, og specielt ved undersøgelser af virkningen af tværgående vind på almindelige fly og på STOL-fly, selvom disse undersøgelser ikke direkte vedrører opfindelsens område og ikke angiver nogen relation mellem fluiddynamik og de problemer, der opstår i forbindelse med trækning af materialet.

#### LITTERATURFORTEGNELSE.

(A) D. Kucheman & J. Weber - "Aerodynamics of propulsion", kapitel

10, side 235-247, McGraw-Hill 1953.

(B) Raymond D. Vogler - "Surface Pressure Distributions induced on a flat plate by a cold air jet issuing perpendicularly from the plate and normal to low-speed free-stream flow" - National Aeronautics & Space Administration, publikation D 1629, marts 1963.

(C) H. Werle et al, Office National d'Etudes et de Recherches Aérospatiales, publikation nr. 64/1859 A og 70/1859 A, juni 1965 og januar 1966.

(D) R.J. Margason et al - "The path of a jet directed at large angles to a subsonic free stream" - National Aeronautics and Space Administration, publikation D 4914, november 1968.

De opnåede resultater og de forhold, der gør det muligt at opnå disse resultater, er de eneste elementer, der har betydning. Som følge heraf skal opmærksomheden i det følgende henledes på særlige driftsforhold og på apparater, der er opbygget i overensstemmelse med opfindelsen og på de resultater, der er opnået ved hjælp af disse apparater.

Der henvises nu til fig. 3A. Fig. 3A viser en udførelsesform for et apparat ifølge opfindelsen med et antal fiberdannelsessteder i en industrielt anvendelig udformning. I denne udførelsesform angives hovedstrømmen ved pilen 12A, idet strømmen antages at gå gennem en åbning med læber 24, hvilken åbning kan udgøre en del af et forbrændingskammer som beskrevet i det franske tillægs-patent 90.660 til hovedpatentet 1.292.222.

Hovedstrømmen passerer langs væggen 28. Denne væg har et antal huller 32A, 32B, 32C for sekundære strømme, samt et antal huller 33A, 33B, 33C for det trækbare materiale.

Selvom fig. 3A kun viser tre huller, skal det bemærkes, at man kan have et større antal huller for glasset og et større antal huller for sekundærstrømmen i retning på tværs af hovedstrømmens retning, samt i retning fra opstrøms-siden til nedstrøms-siden. Derfor kan henvisningsbetegnelserne 32A, 32B og 32C repræsentere tværgående rækker af huller for sekundærstrømmene. Hvert hul for sekundærstrøm og hullet for det trækbare materiale danner et separat fiberdannelsessted. Den sekundærstrøm, der udgår gennem hullet 32A, udøver vekselvirkning med hovedstrømmen og danner et lokalt vekselvirkningsområde, hvori det trækbare materiale fra hullet 33A trænger ind på den måde, der er angivet tidligere under henvisning til fig. 2.

Man har konstateret, at visse regler med hensyn til afstanden mellem fiberdannelsesstederne må overholdes for at kunne opnå en korrekt trækning ud fra flere fiberdannelsessteder af den art, der er vist i fig. 3A. En af de væsentlige parametre, der skal tages i betragtning, er ønsket om mest muligt at reducere afstanden mellem akserne, dvs. afstanden mellem akse gennem åbningen for sekundærstrømmen til akse gennem åbningen for glasset, hvilken afstand måles i ret-

ning fra opstrømssiden til nedstrømssiden. Det har vist sig, at de bedste resultater opnås, når denne afstand mellem akserne ikke er større end 1 til 2 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen.

Der skal også tages hensyn til andre regler, der angår afstanden mellem fiberdannelsesstederne. Der er to afstande, der skal tages hensyn til, nemlig afstanden i tværretningen gennem hovedstrømmen og afstanden i strømningsretningen, dvs. i retning fra opstrømssiden til nedstrømssiden. Afstanden i tværretningen er af størrelsesorden 2 til 3 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen, medens afstanden i længderetningen mellem to successive fiberdannelsessteder er ca. 7 til 10 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen, undtagen når fiberdannelsesstederne, som det skal omtales nærmere senere, er forsat for hinanden i apparatets længdeakseretning.

Når man anvender flere sekundærstrømme, der er beliggende i en vis afstand fra hinanden i tværretningen i forhold til hovedstrømmen, vil den størrelse DB, der i hovedstrømmen har relation til vekselvirkningen, være lidt nedsat og f.eks. ligge i et interval, der strækker sig fra en størrelse lidt under DJ (dimension af udgangsåbningen for sekundærstrømmen målt på tværs af hovedstrømmen) til ca. to gange DJ. Dette forklares, ved at hovedstrømmen har mindre mulighed for at sprede sig om en sekundærstrøm, når der er andre sekundærstrømme på begge sider af den ene sekundærstrøm. Med andre ord har hovedstrømmen tendens til at blive snævret ind, når den i en udførelsesform, hvor der findes flere sekundærstrømme, omfatter flere vekselvirkningsområder. En sådan udnyttelse af hovedstrømmen giver en lidt bedre effektivitet end forudset.

Som tidligere forklaret under omtalen af zonen D under henvisning til fig. 2 og 2B, vil hovedstrømmens strømningsforløb praktisk taget, men dog ikke fuldstændigt være genoprettet i en kort afstand nedenfor fiberdannelsesstedet. Det har ved forsøg vist sig, at denne afstand målt langs den første skala, jfr. fig. 2 og 2B er på ca. 7 til 10 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen.

Som følge heraf må afstanden mellem successive akser i den i fig. 3A viste udførelsesform være ca. 7 til 10 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen. Som allerede nævnt i forbindelse med omtalen af zonen V, har hovedstrømmen i udførelsesformen som vist i fig. 3A en større temperatur i nærheden af udgangsplanet og man kan derfor med fordel placere fiberdannelsesstederne fra zonen III til zonen IV i indbyrdes progressivt aftagende afstande, for således at kunne opnå en tilstrækkelig temperatur til fiberdannelse, idet det samtidigt bemærkes, at denne foranstaltning også er nyttig til opnåelse af de ønskede forhold til fibrenes afkøling.

Da højden af glaskeglerne progressivt aftager fra fiberdannelsessted til fiberdannelsessted i retning mod nedstrømssiden, opnår man også den fordel,

at fibrene fra de forskellige fiberdannelsessteder ikke vikles ind i hinanden.

Højden af glaskeglen kan reduceres ved ændring af en eller flere af de ovenfor nævnte parametre, eksempelvis ved at reducere den afgivne mængde pr. tidsenhed eller ved forøgelse af temperaturen i glaskeglen eller ved reducere af sekundærstrømmens indtrængningsdybde.

Eftersom hovedstrømmens strømningsforløb aldrig kan helt genoprettes, efter at være blevet forstyrret af et givet fiberdannelsessted, og eftersom hvert fiberdannelsessted indebærer et tab af kinetisk energi i hovedstrømmen har det vist sig at være fordelagtigt, ved den i fig. 3A viste opstilling, for de successive fiberdannelsessteder at anvende sekundære strømme, hvis indtrængningsdybde progressivt reduceres, eksempelvis ved anvendelse af sekundærstrømme, hvis kinetiske energi progressivt aftager, eller åbninger med progressivt aftagende diameter. Dette kan tilvejebringes under opretholdelse af det ønskede forhold mellem den kinetiske energi pr. volumenenhed for sekundærstrømmen og den samme størrelse for hovedstrømmen, idet hovedstrømmens hastighed aftager progressivt, efterhånden som man går længere bort fra udgangspunktet for hovedstrømmen.

Ved den i fig. 3A viste udførelsesform opnår man de ønskede indtrængningsdybder, ved progressivt at reducere hastigheden af sekundærstrømmene, efterhånden som man fjerner sig fra udgangspunktet for hovedstrømmen.

I en anden udførelsesform vil de ønskede indtrængningsdybder opnås ved en progressiv reduktion af diameteren af udgangsåbningerne for sekundærstrømmene.

Den progressive reduktion af sekundærstrømmenes indtrængningsdybde har imidlertid tendens til at bevirke, at der dannes grovere og grovere fibre, hvilket går imod det ønskede resultat. Som følge heraf, og når man anvender en opstilling som vist i fig. 3A, kan man opnå fibre med tilnærmelsesvis konstant middeldiameter fra de forskellige fiberdannelsessteder, ved progressivt at reducere den afgivne mængde glas pr. tidsenhed i retning fra opstrømssiden til nedstrømssiden. Dette kan opnås eksempelvis ved at reducere diameteren af udgangsåbningerne for glasset, eller ved at reducere temperaturen i nærheden af åbningerne.

Da den kinetiske energi i hovedstrømmen aftager trinvis fra fiberdannelsessted til fiberdannelsessted, vil det totale antal fiberdannelsessteder, der kan betjenes med én hovedstrøm, være begrænset af den samlede modstand af disse fiberdannelsessteder overfor hovedstrømmen.

En anden måde, hvorpå man kan forøge antallet af fiberdannelsessteder, er vist i fig. 3. Den viste udførelsesform omfatter en hovedstrøm, der i den ved pilen 12A angivne retning passerer gennem en åbning, som er afgrænset af læberne 24, hvilken åbning udgør en del af et forbrændingskammer. Hoved-

strømmen kan tilvejebringes på den måde, der er beskrevet i det tidligere nævnte franske tillægspatent nr. 90.660.

Den i fig. 3 viste udførelsesform afviger fra den i fig. 3A viste udførelsesform ved, at der overfor væggen 28 findes endnu en væg 26 af samme struktur. Man har så vidt muligt anvendt de samme henvisningsbetegnelser i fig. 3 og i fig. 3A.

Hovedstrømmen går mellem de to modstående vægge 26 og 28 og kan derfor ikke brede sig. Væggene 26 og 28 har et antal åbninger 30A, 30B, 30C og 32A, 32B og 32C for sekundærstrømmene. Disse åbninger er anbragt i indbyrdes afstand i retning fra opstrømssiden til nedstrømssiden og væggene har et antal udgangsåbninger 31A, 31B, 31C og 33A, 33B, 33C for glasset. Selvom det ikke direkte fremgår af fig. 3, kan man udforme væggene med et større antal åbninger for sekundærstrøm og glas i tværetningen eller i længderetningen, og derfor kan de anvendte henvisningsbetegnelser 30A - 32C repræsentere rækker af åbninger for sekundærstrøm i stedet for at repræsentere enkelte åbninger. Hver sekundærstrøm og den tilhørende glaskegle fra to sådanne åbninger danner et separat fiberdannelsessted. Eksempelvis reagerer den sekundærstrøm, der udgår fra åbningen 30A med den del af hovedstrømmen, der ligger umiddelbart i nærheden af denne åbning, således at der lokalt tilvejebringes et vekselvirkningsområde, hvori det strækbare materiale fra åbningen 31A indføres på samme måde som omtalt under henvisning til fig. 2.

Det skal bemærkes, at åbningerne for sekundærstrømmene og for glasset i væggene 26 og 28 kan være forsat for hinanden i længderetningen, jfr. fig. 3, i stedet for at være anbragt overfor hinanden, således at man kan udnytte et maksimalt antal åbninger, uden at et fiberdannelsessted kommer til at influere mærkbart på et andet fiberdannelsessted.

Fig. 4 viser, at man kan fremme fiberdannelsen og afkølingen af fibre, ved at lade sekundærstrømmene komme ind under en skrå vinkel i forhold til hovedstrømmen, idet vinklen hver gang er mindre end vinklen for den forudgående sekundærstrøm. De successive åbninger 36A, 36B og 36C er således indrettet, at indfaldsvinklen for sekundærstrømmen hver gang bliver mindre. Selvom sekundærstrømmene har den samme kinetiske energi, vil indtrængningsdybden ved de successive fiberdannelsessteder 37A, 37B og 37C variere. Som følge af den nævnte forskel i indfaldsvinklen, vil vekselvirkningsområdet hver gang bringes nærmere overfladen af pladen 10.

Den i fig. 5 viste udførelsesform giver mulighed for at anvende et større antal fiberdannelsessteder under opretholdelse af en effektiv fiberdannelses og en effektiv afkøling. Den stiplede linie 12C i fig. 5 angiver tilnærmelsesvis det niveau, hvori udgangsenden af hver zone III for de enkelte fiberdannelsessteder befinder sig langs hovedstrømmen 12A.

Linierne 12D i fig. 5 markerer hovedstrømmens forløb og viser, at strømmen bøjes opefter ved vekselvirkningen med sekundærstrømmene. Den førømtalte udbøjning i retning mod nedstrømssiden opnås i så fald dels ved udbøjning af hovedstrømmen, dels ved udbøjning af sekundærstrømmene. Man må fortsat huske, at det vigtigste er, at sekundærstrømmene trænger ind i hovedstrømmen.

Som tidligere nævnt kan åbningerne i fig. 3, 3A, 4 og 5 repræsentere én åbning i en række åbninger i tværretningen. Sådanne rækker åbninger vises i fig. 13 og 14 og skal omtales nærmere senere. I forbindelse med disse udførelsesformer angives det, at åbningerne i de successive rækker kan være forsat for hinanden i retning fra opstrømssiden til nedstrømssiden, for derved at forøge antallet af fiberdannelsessteder uden risiko for, at et fiberdannelsessted kommer til at reducere hovedstrømmens hastighed i et sådant omfang, at der ikke kan dannes et fiberdannelsessted ved den efterfølgende sekundærstrøm. Selvom den minimale aksialafstand mellem fiberdannelsesstederne som tidligere nævnt er ca. 7 til 10 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen, når fiberdannelsesstederne ligger på rækker, kan denne afstand reduceres, når de successive rækker er forsat for hinanden. Når rækkerne er forsat for hinanden, kan afstanden være ca. 4 til 5 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen.

Foruden den ovenfor omtalte forskydning kan fiberdannelsesstederne også være forskudt til begge sider af hovedstrømmen i den i fig. 3 viste udførelsesform. Eksempelvis kan fiberdannelsesstederne på pladerne 26 og 28 være indbyrdes forskudt i hovedstrømmens retning, således at de ikke kan komme til at virke forstyrrende på hinanden.

Fig. 6 og 7 viser en anden udførelsesform for et apparat til frembringelse af fibre. Materialet 40 i form af glaskorn tilføres overfladen af pladen 42. Pladen opvarmes elektrisk med ikke viste varmelegemer, således at glasset smelter på pladen 42. Under påvirkningen fra en hovedstrøm 12A fra udgangen 44 af en brænder transporteres det smeltede glas til et sted nedenfor sekundærstrømmen 14C og glasset danner en glaskegle 40A.

Det smeltede glas suges ind fra denne position nedenfor sekundærstrømmen til vekselvirkningsområdet og trækkes til dannelse af en fiber på den ovenfor beskrevne måde.

Nedenfor fiberdannelsesstedet har pladen 42 en udskæring 42B, som har til formål at undgå, at fiberen under den kraftige piskning kommer til at sætte sig fast på pladen.

Fig. 8 viser endnu en udførelsesform for apparatet ifølge opfindelsen, hvori sekundærstrømmen gennem en ledning 50 føres til en åbning 52, hvorfra den trænger ind i hovedstrømmen 12A fra en brænder 54. Sekundærstrømmen 14 fra åbningen 52 omsluttet af hovedstrømmen og der opstår et vekselvirknings-

område.

Materialet 56 går ud fra beholderen 59 gennem en åbning og danner en kegle 16 i vekselvirkningsområdet.

Fig. 9A, 9B og 9C viser endnu en udførelsesform for apparatet ifølge opfindelsen. Apparatet omfatter en smeltedigel 60, der opvarmes ved hjælp af modstandslegemer og kan eventuelt danne trækkebakken ved udgangen af en smelteovn af i og for sig kendt art.

Fra digelen 60 udgår en glastråd 62 gennem en beskyttelsestragt 63 til en fiberdannelsesstation, der generelt betegnes 64 i fig. 9A. Som det fremgår af fig. 9B, indføres glastråden 62 i en smeltedigel 66 gennem en tragt 67. Digelen 66, der indeholder glas, er fastgjort til huset 65 ved hjælp af fastholdelsesorganer 68 og bolte 70. Digelen 66 er isoleret fra huset 65 ved hjælp af et indlæg 72 af asbest. Asbest har naturligvis ganske udmærkede isoleringsegenskaber, men der kan også anvendes andre ildfaste materialer.

Mellem bunden af digelen 66 og bunden af huset 65 er der en række smalle kanaler, der afsluttes af en udgangsåbning 74, som har en diameter på ca. 2mm. Disse kanaler tjener til transport af materialet til et sted nedenfor udgangsåbninger 76 for sekundærstrømmen. Derfra bringes materialet ind i vekselvirkningsområdet på den tidligere beskrevne måde.

Udgangsåbningerne 76 fødes med varm luft under tryk og med forbrændingsprodukter fra et kammer 78, der over en ledning 80 er forbundet med en generator 82 som vist i fig. 9A.

Af fig. 9C fremgår det, at digelen 66 omfatter ni åbninger 74 for glasset, hvilke åbninger er anbragt i umiddelbar nærhed af et tilsvarende antal åbninger 76 for sekundærstrømmene. Som allerede nævnt i forbindelse med beskrivelsen af zonen I vil en mindre afvigelse i positionen af glashullerne i forhold til sekundærstrømmen ikke mærkbart påvirke fiberdannelsen, eftersom glasset lokaliseres umiddelbart nedenfor sekundærstrømmen. Imidlertid er en sådan positionsafvigelse en ulempe, når der er tale om en udførelsesform med flere huller pr. række, og hvor man i tværretningen ønsker en præcis afstand mellem fiberdannelsesstederne, idet små forskelle i aksial afstand mellem to huller for henholdsvis sekundærstrømmen og glasset adderes til hinanden fra fiberdannelsessted til fiberdannelsessted.

Hvis positionsafvigelsen er alt for stor, kan det ske, at glasset ikke placerer sig umiddelbart nedenfor sekundærstrømmen ved det pågældende fiberdannelsessted. Som følge heraf kan glasset strømme fra sin åbning på samme måde som angivet under henvisning til fig. 1A.

Disse forskelle i placering af hullerne kan være resultatet af mangler i samling og bearbejdning af digelen 66 og kammeret 78, men kan også være resultatet af temperaturforskelle.

Temperaturforskelle kan bidrage til denne manglende præcision i beliggenheden af hullerne. Med det i fig. 9A, 9B og 9C viste apparat er det ofte ønskeligt at vælge den samme driftstemperatur for digelen 66 og kammeret 78. I så fald må der være givne afstande mellem hullerne i digelen og hullerne i kammeret afhængigt af de materialer, der anvendes til digelen og kammeret, således at hullerne under normale driftsforhold kommer til at være beliggende på det rigtige sted. Når apparatet imidlertid anvendes under andre forhold, kan varmeudvidelsen variere, således at hullerne ikke længere har deres korrekte position indbyrdes. Et apparat, der er udformet til at arbejde med temperaturer for henholdsvis digelen og kammeret, der ligger tæt op ad hinanden, men som imidlertid anvendes med andre temperaturer, kan også udvise de samme mangler på præcis indbyrdes position på grund af forskelle i termisk udvidelse.

En uensartet temperaturfordeling langs rækken af huller i digelen og/eller kammeret kan også bevirke fejl i hullernes indbyrdes placering.

En måde, hvorpå man kan undgå følgerne af en sådan forkert placering af åbningerne for sekundærstrøm og åbningerne for glasset, er vist i fig. 12 og 12A, hvor rækken af åbninger for glasset er erstattet af en spalte, som er beliggende umiddelbart nedenfor åbningerne for sekundærstrømmen. Længdeaksen gennem spalten falder sammen med den linie, der svarer til midterlinien gennem en række åbninger for glasset.

Ved en sådan udformning har man konstateret, at glasset ikke som ventet strømmer ud som et lag, men danner en række kegler, der hver for sig placeres nedenfor den pågældende sekundærstrøm. Bunden af keglerne er forbundet med hinanden over en kontinuerlig glasmængde som vist i fig. 12A, hvilken glasmængde krummer lidt i retning bort fra keglernes retning.

Dette overraskende fænomen skyldes hovedsageligt fordelingen af trykket langs en linie, der er vinkelret på hovedstrømmen og befinder sig umiddelbart nedenfor rækken af åbninger for sekundærstrøm. Langs denne linie opstår der nedenfor sekundærstrømmene områder med kraftigt undertryk og det dynamiske tryk fra hovedstrømmen gør sig gældende mellem disse områder, dvs. mellem sekundærstrømmene. Denne trykfordeling tvinger glasset til at strømme hen imod undertryksområderne. Glassets overfladespænding forstærker og stabiliserer denne virkning og bidrager derfor også til dette fænomen.

Som følge heraf giver spalten mulighed for automatisk at sikre en passende centrering af de punkter, hvor glasset indføres i sekundærstrømmene.

Ved den i fig. 9A, 9B og 9C viste udførelsesform kunne digelen 66 bestå af stål, men selv om digelen består af specielt rustfrit stål med udmærkede egenskaber ved høje temperaturer, kan de dog ikke tåle temperaturer på over 1100°C. Ved temperatur over 1100°C er der risiko for at digelens flader deformeres, således at man ikke længere har den præcise placering af hullerne for

glasset og hullerne for sekundærstrømmene. Dette indebærer en øvre grænse for den temperatur, under hvilken der kan trækkes materiale i fiberdannelsesområdet.

Ved trækning af glasfibre opnås de bedste driftsforhold og dermed fibre af bedste kvalitet, når glastemperaturen i digelen og derfor også selve digelens temperatur ligger over den ovenfor nævnte grænse på  $1100^{\circ}\text{C}$ .

Der er to parametre, nemlig materialets temperatur og beskaffenhed, der indvirker på materialets strømning gennem hullerne og på dets trækning, samt også på visse egenskaber af fibrene.

Den mængde glas, der går gennem et hul, pr. tidsenhed, bliver mindre, når glassets viskositet stiger. Imidlertid aftager viskositeten, når temperaturen vokser, og for en given temperatur afhænger viskositeten af glassets beskaffenhed. Visse glastyper kaldes blødt glas, fordi deres viskositet er lille, mens andre glastyper kaldes hårdt glas, fordi deres viskositet ved den samme temperatur er betydelig større. Sædvanligvis er hårdt glas billigere end blødt glas.

Det skal også bemærkes, at temperaturen indvirker på afglasningen, som kommer til udtryk, ved at der i et smeltet glas dannes krystaller, idet krystaldannelsens hastighed er funktion af glassets temperatur og beskaffenhed. Der eksisterer en grænse, over hvilken alle krystaller er smeltet, og som betegnes øvre afglasningsgrænse.

Når der er mange afglasningskrystaller, har disse krystaller tendens til at spærre hullerne, gennem hvilke glasset strømmer ud. Det er derfor vigtigt, at man opretter med en driftstemperatur, der ligger over den øvre afglasningsgrænse, dvs. at man arbejder med høje temperaturer.

En tredje parameter, der skal tages hensyn til er fibrenes styrke ved de høje temperaturer. Denne styrke afhænger i hovedsagen af glassets beskaffenhed.

Generelt set kan man sige, at fibrenes styrke ved de høje temperaturer, viskositeten og den øvre afglasningsgrænse varierer i samme retning, når man ændrer glassets beskaffenhed og vokser fra blødt glas til hårdt glas.

Dertil kommer, at temperaturen i materialet er en af de faktorer, der indvirker på det specifikke varmeforbrug, som kan måles i kcal pr. kg glas omdannet til fibre, og som også afhænger af glassets beskaffenhed og af den temperatur glasset har i det øjeblik det træder ind i trækingsområdet.

For en given trækningsenergi vil glassets trækning være desto mere effektiv, desto mindre glassets viskositet er i trækingsområdet, dvs. desto højere temperaturen er.

Glasset bringes op til en høj temperatur, dels i digelen, dels i trækingsområdet som følge af den høje temperatur i trækingsstrømmene i zonerne I, II og III. For at nedsætte forbruget i strømmene er det derfor ønskeligt, at glasset har en meget høj temperatur ved udgangen fra hullerne.

Hvis man ønsker at anvende hårdt glas og opnå en stor produktions-  
evne, samt undgå, at hullerne til tilførsel af glas lukkes og samtidigt nedsætte  
varmeforbruget i strømmene, kan man med fordel holde materialet i digelen  
på en temperatur, der er højere end grænsetemperaturen for en digel af stål,  
jfr. det før angivne under henvisning til fig. 9A, 9B og 9C.

Af denne grund foretrækker man for kammeret og digelen at anvende  
materialer, der er i stand til at tåle meget høje temperaturer, f.eks. platin-  
legeringer eller ildfaste oxider.

Herefter angives et eksempel på beskaffenheden af hårdt glas, der  
kan anvendes til fremstilling af fibre i overensstemmelse med opfindelsen.

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| $\text{SiO}_2$          | 46,00 % |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 9,00 %  |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 1,20 %  |
| $\text{FeO}$            | 0,40 %  |
| $\text{CaO}$            | 32,00 % |
| $\text{MgO}$            | 3,50 %  |
| $\text{K}_2\text{O}$    | 2,90 %  |
| $\text{Na}_2\text{O}$   | 5,00 %  |

Jo højere glassets temperatur er, jo lavere bliver viskositeten  
og jo mindre kan hullet for glasset blive. Imidlertid indebærer grænsen for digel-  
materialets holdbarhed ved de høje temperaturer, at der er en bestemt øvre grænse  
for glassets temperatur. Denne glastemperatur, der er kompatibel med den øvre  
grænse for digelens temperatur fastlægger den minimale dimension af hullerne,  
gennem hvilke glasset kan passere.

Det har vist sig, at der kan opnås gode trækningsbetingelser med  
huller, hvis dimensioner ligger mellem ca. 1 mm og ca. 3 mm.

I de her beskrevne udførelsesformer for apparatet ifølge opfindelsen  
(iberegnet den i fig. 9A, 9B og 9C viste udførelsesform), hvilke apparater om-  
fatter et antal fiberdannelsesteder beliggende i afstand fra hinanden i tværet-  
ningen, har man mødt visse vanskeligheder med hensyn til hvor godt de yderst ved  
enden af rækkerne beliggende fiberdannelsesteder virker. Man konstaterer, at de  
fibre, der tilvejebringes fra åbningerne ved enderne af en række har tendens til  
at klæbe til visse dele af apparatet. Selvom det er muligt at forbedre kvaliteten  
af de fibre, der produceres fra åbningerne ved enderne af rækkerne, ved at ind-  
stille de relative hastigheder af hovedstrømmen og sekundærstrømmen, indebærer disse  
justeringer sædvanligvis en nedsat kvalitet for de fibre, der tilvejebringes fra  
de øvrige fiberdannelsesteder, dvs. fra de åbninger, der ligger nærmere midter-  
linien end yderåbningerne. For at afhjælpe denne ulempe har det vist sig at være  
hensigtsmæssigt ved enderne af hver række at tilvejebringe yderligere åbninger  
for sekundærstrømme. Denne løsning anvendes i den i fig. 12 viste udførelsesform.

Tilstedeværelsen af de yderligere sekundærstrømme ved enderne af rækkerne har til resultat, at der tilvejebringes en symmetrisk strømning, eftersom hver hovedstrømsdel på grund af de yderligere sekundærstrømme kommer til at passere mellem to sekundærstrømme.

Som tidligere forklaret bør glastemperaturen for ganske bestemte glasarter fortrinsvis holdes over  $1250^{\circ}\text{C}$ . Hvis man imidlertid anvender den udførelsesform, der er vist i fig. 9A - 9C, og anvender en digel og et kammer af rustfrit stål er den øvre grænse på grund af brugen af rustfrit stål  $1100^{\circ}\text{C}$ . Glasstråden 62, som løber ned fra smeltedigelen 60 har en temperatur på ca.  $1260^{\circ}\text{C}$ , men taber varme undervejs, således at temperaturen er ca.  $1070^{\circ}\text{C}$  i det øjeblik, hvor glasset når trækkebakken 66. I denne bakke 66 holdes glastemperaturen på den ønskede værdi ved hjælp af et varmelegeme og en elektrisk transformer 84, idet strømtilførslen til bakken 66 sker gennem stænger 86. Foruden at tjene til opvarmning af digelen eller bakken 66 tjener den varme, der tilvejebringes ved hjælp af transformeren 84 også til opretholdelse af temperaturen i den hovedstrøm, der udgår fra generatoren 82, således at man opnår den til fiberdannelsen ønskede temperatur. Sommetider må temperaturen i det trykfluidum, der hidrører fra generatoren 82, reduceres. I så fald kan det varme fluidum i røret 80 blandes med kold trykluft, men som en anden mulighed kan et ikke vist varmevekselorgan f.eks. en kølekreds anvendes i samvirkning med røret 80 for at nedsætte temperaturen i sekundærstrømmen til det ønskede niveau.

Brænderen 88 i fig. 9A er beregnet til tilvejebringelse af hovedstrømmen. Brænderen 88 er således rettet, at gassen strømmer parallelt med undersiden af pladen 64 og bestryger denne plade. Brænderen 88 kan være således monteret, at det kan løftes eller sænkes lidt og meddeles en vis hældning i opadgående eller nedadgående retning, f.eks. en hældning på ca.  $3^{\circ}$  for at ændre positionen og vinklen, under hvilken hovedstrømmen rettes mod pladen.

Det har vist sig at være hensigtsmæssigt at rette brænderen 88, således at gassen løber parallelt med overfladen af organet 64 og bestryger denne plade, men det kan også være en fordel at bibringe brænderen 88 en vis hældning, således at gassen rettes lidt imod undersiden af den enhed, der omfatter kammeret 78, digelen 66 og huset 65, hvilke dele fortrinsvis er således indrettet, at deres undersider ligger i ét plan, som bestryges af gasstrømmen.

Ved at rette brænderen 88 mod undersiden af huset 65, kan man styre varmeoverførslen til opvarmning af digelen 66 og kammeret 78. En anden måde, hvorpå man kan overføre varme til undersiden af huset 65 og dermed til digelen 66 og kammeret 78 består i at løfte den øvre løbe af brænderen 88 en smule op over niveauet af huset 65's bund, således at en del af hovedstrømmen rettes direkte mod huset 65. Når varmeoverførslen til digelen og kammeret opnås på sidstnævnte måde, må der imidlertid tages forholdsregler for at undgå

en uønsket forstyrrelse af strømningsforløbet omkring hullerne 74 og 76. Der opnås gode resultater, når brænderen 88 ikke har opadgående hældning, eller når den øvre læbe ikke befinder sig mere end 1,5 mm over den position, hvori hovedstrømmen ikke direkte rammer sidevæggen af huset 65.

De fysiske størrelser, der bestemmer udformningen af brænderens mundstykke, har betydning for udøvelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen, idet mundstykket skal være beliggende så nær som muligt udgangsplanet for sekundærstrømmen og glasset og samtidigt må afstanden mellem den øvre læbe og den nedre læbe være tilstrækkelig til, at glaskeglen helt er omgivet af trækningsstrømmene.

En anden faktor man skal tage hensyn til er reduktionen af varmeenergiforbruget og dermed af brændstoffet under udøvelse af fremgangsmåden. En passende måde at opnå dette resultat på består i at indstille bredden af spalten mellem brænderen 88's læber, således at den reduceres til et minimum, der er kompatibelt med opnåelsen af en strømningskonfiguration, hvor glaskeglen helt er omgivet af trækningsstrømmen. Hvad angår varmemeforbruget, skal man også tage hensyn til afstanden mellem brænderens mundstykke og fiberdannelsesstedet. Der spares mere varme, når mundstykket ligger nærmere fiberdannelsesstedet, idet man derved reducerer tabene ved konvektion, stråling og ledning. Imidlertid må brænderens mundstykke ikke placeres direkte på fiberdannelsesstedet, idet der er risiko for dannelse af hvirvelstrømme, der kan forstyrre processen. Det har vist sig, at man opnår gode resultater, når denne afstand er relativt lille, f.eks. mindre end 25 mm og fortrinsvis under 10 til 15 mm.

Den i fig. 9A viste ledning 90, der f.eks. har rektangulært tværsnit, fører de fremstillede fibre til et ikke vist transportanlæg, som modtager fibrene og transporterer disse fibre til en station, hvor fibrene emballeres eller bearbejdes videre.

Det skal bemærkes, at den i fig. 9C viste snitlinie 9B ligger i en sådan position, at varmluftledningen 80 ikke ses i fig. 9B. For overskueligheds skyld har man imidlertid i fig. 9B antydnet denne ledning 80 ved hjælp af en stiplede linie.

Som det blev forklaret detaljeret i den del af beskrivelsen, der angår fiberdannelseszonerne, kan fibrenes piskning sommetider bringe fibren i anlæg mod forskellige dele af apparatet og navnlig i anlæg mod den plade, gennem hvilken glasset strømmer ud og navnlig den del af pladen, der befinder sig nedenfor et fiberdannelsessted.

Når den del af apparatet som fibren kommer i berøring med er varm, kan det ske, at fibren hænger fast ved denne del og smelter, hvorefter den falder ned som et ikke-fibreret element i det færdige produkt.

Forskellige foranstaltninger til nedsættelse af denne risiko og til undgåelse af en uønsket afkøling af bunden af digelen vises i fig. 10 og 11, som angiver forskellige udførelsesformer og viser yderligere træk, som skal omtales

nedenfor.

Den i fig. 10 viste udførelsesform omfatter en metalplade 92, der er beliggende på nedstrømssiden i forhold til fiberdannelsesstedet, og som er fast forbundet med et rør 94 til varmeveksling med pladen. En kølevæske 96 cirkulerer gennem røret 94.

Pladen 92 består fortrinsvis af et metal med god varmelednings-evne, f.eks. kobber. På denne måde og selvom piskningen bringer fibrene i kontakt med pladen 92, er der ingen risiko for at fibrene klæber til pladen og samles på dette sted. En sådan foranstaltning bidrager til undgåelse af en eventuel opsamling af fibre ved overfladen af pladen. I fig. 10 betegnes brænderens læber ved 44 og kammeret for sekundærstrømmen ved 78, medens digelen betegnes 66 på samme måde som i fig. 9A - 9C. Den i fig. 10 viste udførelsesform omfatter imidlertid en asbestplade 72A, der er bragt i anlæg mod digelen 66, for derved at nedsætte varmetabene og opretholde den ønskede temperatur i digelen og glasset, navnlig i det område, hvor glasset udgår fra digelen. En sådan isolerende skærm kan placeres på et sted, der mere eller mindre direkte er udsat for hovedstrømmen, men i anlæg, der omfatter en vægdel eller flade, der afkøles af gasstrømmen, eksempelvis pladen 92, må asbestpladen anbringes mellem gasstrømmen og den skærm-beskyttede digel.

I retning mod opstrømssiden er pladen 92 imidlertid forlænget til et punkt i nærheden af udgangsåbningen for glasset og man anvender en beskyttelses-skærm 98 af f.eks. glimmer, for at undgå en alt for stor afkøling af glasset i nærheden af udgangsåbningen for glasset. Pladen 92 kan i forhold til kammeret 78's udgangsplan 79 danne en lille vinkel som vist. Det har vist sig, at en vinkel mellem ca.  $3^{\circ}$  og ca.  $20^{\circ}$  er velegnet, idet vinklen fortrinsvis bør have en værdi i nærheden af den nederste grænse af dette interval.

Den i fig. 11 viste udførelsesform svarer til den i fig. 10 viste, men den omfatter desuden en nedre deflektor 100, der er beliggende på den side af hovedstrømmen, der vender bort fra fiberdannelsesstedet. Denne deflektor krummer fortrinsvis nedad bort fra fiberdannelsesområdet. Denne deflektor 100 omfatter fortrinsvis ledninger 94 for cirkulerende kølefluidum 96, således at man undgår risiko for, at fibrene klæber til deflektoren, hvis fibrenes piskning bringer disse fibre i kontakt med denne deflektor 100.

Hvad angår disse vægdele 92 og 100 må det bemærkes, at de bidrager til udbøjning af gasstrømmen nedenfor fiberdannelsesstedet, hvilket bidrager til stabilisering af trækningsvirkningen og til nedsættelse af risikoen for, at fibrene klæber sig til de enkelte dele i anlægget.

Når man anvender den nedre deflektor 100, konstaterer man imidlertid en betydelig forskel i positionen af glaskeglen. Man konstaterer i så fald, at spidsen af glaskeglen trænger mere ind i hovedstrømmen.

Pladen 92 og den nedre deflektor 100 danner effektive midler til styring og stabilisering af den strøm, der resulterer af vekselvirkningen mellem de to strømme, mere eller mindre uafhængigt af strømmenes hastighed, hvorved der kan produceres fibre af meget ensartet kvalitet. Med andre ord har pladen 92 og deflektoren 100 en gunstig indflydelse på kvaliteten af de fremstillede fibre, og giver således mulighed for at udvide det område af driftsparametre, der giver mulighed for opnåelse af tilfredsstillende resultater. Det skal imidlertid bemærkes, at andre udførelsesformer også giver mulighed for opnåelse af fibre af meget god kvalitet, uden nødvendigvis at skulle anvende en sådan plade og en sådan deflektor.

Der anvendes fortrinsvis mange fiberdannelsessteder for derved at øge produktionen med et givet anlæg så meget som muligt. En udførelsesform med et stort antal fiberdannelsessteder omfatter én eller flere rækker af sådanne steder i en vis afstand fra hinanden i et område, der strækker sig på tværs af hovedstrømmens retning.

En anden måde, hvorpå man kan mangfoldiggøre fiberdannelsesstederne i tværretningen, er vist i fig. 12 og 12A. Det skal bemærkes, at fig. 12A viser, at de tre strømme yderst til højre er forlænget et godt stykke nedad, medens de andre strømme er relativt korte. Dette er kun gjort for overskueligheds skyld. I realiteten har de forskellige strømme samme forløb som vist i fig. 2.

Den i fig. 12 viste udførelsesform har praktisk taget ingen plade eller omfatter kun en plade med ret begrænsede dimensioner og følgelig ret lille indflydelse.

Denne udførelsesform omfatter en digel 103 med en udgangsåbning for glas i form af en spalte 104, der strækker sig på tværs af hovedstrømmen. På opstrømssiden i forhold til spalten findes der et kammer 106 med en række udgangsåbninger 106D for sekundærstrømme i nærheden af spalten 104. Kammeret omfatter én eller flere ledninger, som antydtes ved 75 til tilførsel af trykfluidum.

Som tidligere nævnt indvirker de forskellige sekundærstrømme lokalt på det fra spalten 104 udstrømmende glas. Som følge heraf vil der i stedet for et kontinuerligt glaslag dannes separate glaskegler i det område af spalten, der ligger nedenfor de pågældende sekundærstrømme, således at der dannes separate fiberdannelsessteder. Dette fænomen fremgår af fig. 12A, men opstår også i den fig. 12 viste konstruktion.

Som det fremgår af fig. 12, kan rækken af åbninger 106D for sekundærstrømme omfatte mindst én åbning, der ligger længere borte end enden af spalten 104, for derved at undgå den tidligere beskrevne skadelige virkning ved enderne af spalten.

I en særlig hensigtsmæssig udførelsesform for anlægget med spalte, har spalten en bredde, der tilnærmelsesvis svarer til diameteren af udgangsåbning-

gen for sekundærstrømmen, dvs. en bredde på 1 til 3 mm, hvilken bredde afhænger af viskositeten af materialet under normale fiberdannelsesforhold.

En anden fordel ved anvendelse af en spalte for det udstrømmende glas er, at man som tidligere forklaret undgår følgerne af en forkert placering af udgangsåbningerne for glasset i forhold til udgangsåbningerne for sekundærstrømmene.

En yderligere fordel ved spalten er, at den virker selvregulerende på den afgivne glasmængde pr. tidsenhed og på trækningen fra hver kegle. Man har konstateret, at den afgivne glasmængde pr. tidsenhed er proportional med bredden af spalten og med diameteren af sekundærstrømmene, forudsat at denne bredde målt i retning nedenfor sekundærstrømmen ikke er større end længden af recirkulationsområdet. Som tidligere forklaret er længden af recirkulationsområdet proportionalt med diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen og med forholdet mellem den kinetiske energi pr. volumenenhed for sekundærstrømmen og den kinetiske energi pr. volumenenhed for hovedstrømmen. Desuden må gasstrømmenes hastigheder være tilstrækkelig store til at kunne trække den tilførte glasmængde.

Når åbningerne i en tværgående række åbninger for sekundærstrøm har samme størrelse, dvs. samme diameter og gasstrømmene har samme hastighed og samme temperatur, vil den afgivne glasmængde og den producerede fibermængde være den samme fra hvert fiberdannelsessted.

Når parametrene i en given tværgående række imidlertid er forskellige fra hinanden, specielt hvad angår diameteren af udgangsåbningerne for sekundærstrømmene, vil de producerede mængder pr. tidsenhed automatisk tilpasse sig de eksisterende forhold.

En stor produktion af glasfibre sikres, når et stort antal fiberdannelsessteder virker samtidigt. Desuden må antallet af fiberdannelsessteder pr. arealenhed være så stort som muligt, hvis man skal opnå det maksimale forhold mellem den producerede mængde og den forbrugte energi og nedsætte anskaffelsesudgifterne ved reducere antallet af fremstillingsenheder.

Fig. 13A og 13B viser en udførelsesform for et anlæg, som gør det muligt at opnå disse resultater. Fig. 13A viser, at hovedstrømmen er afgrænset af vægge, der omfatter en plade 92 og en krum deflektor 100, hvis konstruktion kan være af samme art som vist i fig. 10 og 11.

Den i fig. 13A og 13B viste udførelsesform omfatter en digel 103, der er væsentligt større end den i de foregående udførelsesformer viste digel, og som omfatter udgangsspalter 104A, 104B og 104C for glasset. Digelen 103 omfatter gastilførselskamre 106A, 106B og 106C, hvilke kamre hvert har en række udgangsåbninger for sekundærstrømmene i nærheden af og foran udgangsspalterne for glasset. Det fremgår af fig. 13B, at udgangsåbningerne for sekundærstrømmene fra de enkelte kamre 106A, 106B og 106C er forskudt mod hovedstrømmens opstrøms-

side og nedstrømsside for at reducere vekselvirkningerne mellem de enkelte fiberdannelsessteder til et minimum.

I den i fig. 13A og 13B viste udførelsesform har hver tværgående række af udgangsåbninger for sekundærstrømmene ved enderne mindst ét hul, der afgiver en sekundærstrøm uden for den pågældende ende af spalten, for således at sikre, at alle sekundærstrømme virker på samme måde.

Den i fig. 13A og 13B viste udførelsesform har desuden et karakteristisk træk, der med fordel kan anvendes i de tilfælde, hvor man ønsker, at gasstrømmen har en temperatur, der ligger meget tæt op ad temperaturen i det smeltede glas. Ved at anbringe gastilførselskamrene inden i digelen, opnår man, at sekundærstrømmene og glasset får samme temperatur.

Foruden de almindelige driftsbetingelser til tilfredsstillende trækning fra ét enkelt fiberdannelsessted, må forskellige regler overholdes, når fremgangsmåden ifølge opfindelsen udøves under anvendelse af flere rækker, der hver omfatter flere fiberdannelsessteder. I så henseende, og hvis man udvider de ovenfor angivne regler, bør afstanden mellem akserne gennem to ved siden af hinanden beliggende fiberdannelsessteder i en række på tværs af hovedstrømmens retning være lig med mindst 2 til 3 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen, medens afstanden mellem akserne gennem fiberdannelsesstederne i længderetningen, dvs. hovedstrømmens retning bør være lig med mindst 7 til 10 gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen. Antallet af rækker af fiberdannelsessteder, som kan behandles effektivt med én given hovedstrøm, afhænger af den energi, der er tilbage i denne hovedstrøm ved det fiberdannelsessted, der ligger længst bort fra udgangspunktet, dvs. længst frem i nedstrømsretningen i forhold til udgangspunktet for hovedstrømmen.

Der bør mellem den kinetiske energi pr. volumenenhed for sekundærstrømmen og den kinetiske energi pr. volumenenhed i hovedstrømmen opretholdes et forhold, der er konstant for hvert fiberdannelsessted. Der kan for hovedstrømmen og for sekundærstrømmen anvendes vidt forskellige hastigheder, men det er nødvendigt at sikre, at den kinetiske energi pr. volumenenhed for sekundærstrømmen er større end den kinetiske energi pr. volumenenhed for hovedstrømmen. Forholdet mellem den kinetiske energi pr. volumenenhed i sekundærstrømmen og den kinetiske energi pr. volumenenhed i hovedstrømmen ligger mellem en værdi, der er lidt større end én og en værdi på ca. 40, idet forholdet fortrinsvis ligger mellem 4 og 25.

Man har tidligere nævnt, at det er muligt under opretholdelse af den ønskede vekselvirkning mellem sekundærstrømmen og hovedstrømmen at ændre enten hastigheden af sekundærstrømmen eller sekundærstrømmens indfaldsvinkel i forhold til hovedstrømmen. Man kan inden for vide grænser ændre sekundærstrømmens indfaldsvinkel i forhold til hovedstrømmen fra den position, hvor sekundær-

strømmen står vinkelret på hovedstrømmen. Eksempelvis kan indfaldsvinklen for sekundærstrømmen være rettet mod opstrømssiden op til en værdi på ca.  $45^{\circ}$  i forhold til hovedstrømmens retning. Sekundærstrømmen kan også være rettet mod nedstrømssiden under en vinkel på op til ca.  $45^{\circ}$  i forhold til retningen vinkelret på hovedstrømmen. Fortrinsvis er sekundærstrømmen således rettet, at den trænger ind i hovedstrømmen i en retning i det væsentlige vinkelret på hovedstrømmens retning eller i en retning, der hælder lidt til nedstrømssiden, idet sidstnævnte foranstaltning er særlig hensigtsmæssigt overfor de på nedstrømssiden beliggende fiberdannelsesteder, når der findes mange fiberdannelsesteder beliggende efter hinanden som vist i fig. 4.

Glasset kan tilføres under vidt forskellige vinkler, idet disse vinkler ingen indflydelse har, eftersom de kræfter, der opstår ved vekselvirkning mellem hovedstrømmen og sekundærstrømmen, er de afgørende faktorer, der indvirker på glasset, som strømmer ud fra åbningen i det væsentlige uden kinetisk energi.

De opnåede resultater kan yderligere styres ved ændring af den afgivne mængde af hovedstrøm pr. tidsenhed. Man kan desuden forøge antallet af fiberdannelsesteder, ved at forskyde de successive rækker åbninger, og ved at reducere akseafstanden mellem de enkelte rækker til et minimum, således at denne afstand tilnærmelsesvis svarer til fem gange diameteren af udgangsåbningen for sekundærstrømmen.

Da der fra hovedstrømmen tabes en betydelig energi ved hver række af fiberdannelsesteder, aftager den resterende energi for de øvrige rækker proportionalt. Der er derfor et maksimalt antal rækker af fiberdannelsesteder, der effektivt kan placeres efter hinanden i nedstrømsretningen. Med de foreliggende udførelsesformer, og såfremt der fremstilles glasfibre, synes grænsen at være ca. 4 til 5 rækker af fiberdannelsesteder efter hinanden i retning mod nedstrømsiden.

Fig. 14A - 14B viser endnu en udførelsesform for et anlæg, der omfatter et stort antal fiberdannelsesteder. Digelen har en i det væsentlige rektangulær form med en bundplade 10A, der er glat og plan og bestryges af hovedstrømmen, som strømmer i den retning, der angives ved pilen 12A. Tre rækker af parvis anbragte udgangsåbninger for sekundærstrømmene og glas materialet er fordelt i pladen 10A, fortrinsvis i overensstemmelse med de ovenfor angivne regler, der vedrører den aksiale afstand mellem de enkelte åbninger og rækkerne i henholdsvis tværretningen og længderetningen.

Den i fig. 14A til 14B viste konstruktion omfatter en øvre del og en nedre del, idet sidstnævnte del danner et tilførselstrin 110, der omfatter den del af digelen, der befinder sig under linien 111. Tilførselstrinnet 110 omfatter kanaler 112A, 112B og 112C, samt 114A, 114B og 114C. Kanalerne 112A - 112C tjener til tilførsel af materialet til området 10A på pladen gennem

åbninger 116A, 116B, 116C, jfr. fig. 14B. Ligeledes tjener kanalerne 114A, 114B og 114C til tilførsel af trykfluidum til pladens område 10A gennem åbningerne 118A, 118B og 118C, jfr. fig. 14B.

Den øvre del af digelen, nemlig den del, der ligger oven over linien 111, danner fødesektionen. Denne fødesektion modtager det fluidum, der skal danne sekundærstrømmene, samt glas materialet. Som det bedre fremgår af fig. 14C og 14D, som er snitbilleder langs linierne 14C og 14D i fig. 14A, tilføres det trykfluidum, der skal danne sekundærstrømmene gennem den øvre del af konstruktionen, dvs. gennem røret 120A og/eller 120B og efter passage gennem kamrene 122A og 122B strømmer fluidet som antydnet ved pile gennem kanalerne 114A - 114C til spalter 124A, 124B og 124C, samt 126A, 126B og 126C. Sekundærstrømmene udgår gennem de forskellige åbninger 118A, 118B og 118C.

Det trækbare materiale tilføres huset 110 i form af en tråd, der er beskyttet af et rør 120 og efter opsamling i kammeret 130 fordeles materialet mellem kanalerne 112A, 112B og 112C.

Ved begge ender af huset 110 findes der massive organer 132A og 132B, som tjener dels som fastspændingsorgan til fastholdelse af digelen i den ønskede position i forhold til hovedstrømmen, dels som elektrisk kontakt, som forbindes med en passende ikke vist kilde for elektrisk energi, hvorved digelen opvarmes elektrisk til forøgelse eller opretholdelse af temperaturen i sekundærstrømmene og i det trækbare materiale på den ønskede værdi.

Ved den i fig. 14A til 14D viste udførelsesform smeltes glas i en ovn, hvorefter glasset i form af en tråd gennem røret 128 tilføres i passende mængde til opretholdelse af et glasniveau, der ligger en smule over niveauet 111, for således at sikre, at kanalerne 112A, 112B og 112C fortsat er fyldt med henblik på en passende glastilførsel til udgangsåbningerne 116A, 116B og 116C.

Der henvises nu til fig. 15A - 15D. Denne udførelsesform er beregnet til at samarbejde med en glassmelteovn af vilkårlig type, som kan levere smeltet glas til de ønskede steder gennem den forreste del af ovnen.

Fig. 15B viser ved 134 en del af ovnens forreste del, der danner en fordigel med afgreningskanaler 136, 138 og 140, hvilke kanaler også ses i fig. 15A.

Langs hver afgrening fra denne digel findes der et antal aftapningssteder, hvoraf ti er vist med bogstaverne A - J langs hver forgrening i fig. 15B. Ved hvert aftapningssted findes der en mekanisme til tilvejebringelse af fiberdannelsesteder, der fødes med glas fra hvert aftapningssted.

Hvert aftapningssted omfatter en digel, der for grenen 136 betegnes 142 i fig. 15A og 15B, idet denne gren er vist henholdsvis forfra og i snit og i større målestok i fig. 15C og 15D. De aftapningssteder, der er knyttet til grenen 138, omfatter en lignende række digler 144, medens grenen 140

omfatter en lignende række digler 146. Diglerne 142, 144 og 146 har en udgangskanal, der i fig. 15D betegnes 164, og som igen omfatter enten en række separate udgangsåbninger for glasset eller en spalte af den under henvisning til fig. 12 og 12A omtalte art.

Antallet af fiberdannelsessteder, der kan placeres ved siden af hinanden langs en given digel kan variere inden for vide grænser. Sædvanligvis opnår man gode resultater og stor produktionsevne, når man anvender op til hundrede fiberdannelsessteder.

Et aggregat 154, 156 eller 158 tjener til frembringelse af hovedstrømmen ved hvert fiberdannelsessted, der er knyttet til hver sit aftapningssted langs hver gren fra fordigelen. Som det fremgår af fig. 15C og 15D omfatter dette aggregat læber 44, der retter fluidet i det væsentlige i horisontal retning langs udgangsåbninger 164 for glasset.

Ved hvert aftapningssted findes der også et aggregat til frembringelse af sekundærstrømmene. Der findes ét sådant aggregat ved hver station og disse aggregater betegnes 148, 150 og 152 i fig. 15A.

Fra fig. 15B har man udeladt detaljerne vedrørende aggregaterne 148, 150 og 152 og man har gjort det for overskueligheds skyld og for at vise de nedenunder beliggende aggregater 154, 156 og 158 til frembringelse af hovedstrømmene. Dog er udgangspunkterne for sekundærstrømmene antydnet ved 148, 150 og 152 i fig. 15B.

Fig. 15C og 15D viser, at hvert aggregat 148 omfatter en fødeledning 56, der fører til en kollektor 56A, som omfatter en række dyser 162, som er beliggende mellem glastilførselsaggregatet 164 og hovedstrømsgeneratorens læber 44. Disse dyser 162 er beliggende ved siden af hinanden i tværretningen i forhold til hovedstrømmens retning 12A og disse dyser har åbninger, der er beliggende umiddelbart nedenfor glastilførselsaggregatet 164.

Hvad angår de i fig. 15A og 15B viste anlæg bemærkes det, at hovedstrømmene ved de forskellige aftapningssteder strømmer i retning vinkelret på de forskellige grene, dvs. i retning mod højre på fig. 15A og 15B. Som følge af vekselvirkningen mellem de forskellige hovedstrømme og sekundærstrømme ved de enkelte fiberdannelsessteder, har fibrene tendens til at forlade det område, hvori de tilvejebringes og følge en lidt nedadgående retning i forhold til midterpladet gennem fiberdannelsesstederne, således at de fibre, der tilvejebringes ved de til grenen 136 knyttede aftapningssteder nemt kan styres, eksempelvis ved hjælp af det skrånende styreorgan 168, der er beliggende under strømmen af fibre fra de aftapningssteder, der er beliggende langs grenen 138. De nævnte fibre styres ved hjælp af styreorganet 170, som er anbragt under et lignende styreorgan 172 til styring af de fibre, der tilvejebringes fra aftapningsstederne langs grenen 140. Disse styreorganer har fortrinsvis form som et rør,

hvis tværsnit varierer fra indgangen til udgangen, således at de kan afpasses fiberdannelsesstederne ved den ene ende og modtagetransportøren ved den modsatte ende.

Udgangene fra de forskellige styreorganer 168, 170 og 172 er beliggende ved den ene ende af en transportør 180, der modtager fibrene eller fiberlagene og f.eks. omfatter et transportbånd, der er perforeret, samt et under båndet anbragt sugeapparat, der bidrager til transport af fibrene på båndet.

Som det fremgår af fig. 15A og 15B kan fiberlagene fra de enkelte grene imprægneres med et bindemiddel, f.eks. termohærdbart bindemiddel, der tilføjes begge sider af laget ved hjælp af forstøvningsorganer 174, 176 og 178. Som følge af, at måtten på transportøren 180 består af flere lag, der blev fremstillet hver for sig og derfor hver for sig imprægneret med bindemiddel, opnår man en effektiv fordeling af bindemidlet gennem hele tykkelsen af den resulterende fibermatte og der opnås binding mellem de enkelte lag, som er anbragt oven over hinanden på transportøren. Da der anvendes et termohærdbart bindemiddel, kan laget transporteres over transportøren 180 forbi eller gennem et passende varmeanlæg, f.eks. en autoklav med henblik på hærdning eller polymerisering af bindemidlet. Det i fig. 15A - 15B viste anlæg giver mulighed for stor produktion af fibre under udøvelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen, navnlig på grund af det store antal fiberdannelsessteder.

I et anlæg af den i fig. 15A - 15D viste type kan organerne 148, 150 og 152 til frembringelse af sekundærstrømmene og organerne 154, 156 og 158 til frembringelse af hovedstrømmene omfatte ens forbrændingskamre, der er indrettet til at arbejde ved en forbrændingstemperatur på  $1800^{\circ}\text{C}$ , selv om de anvendte temperaturer i de fleste tilfælde kan være betydeligt lavere end den maksimale temperatur ved udgangen fra gasbrænderne. Dette gælder specielt for det apparat, der afgiver sekundærstrømme med temperaturer, der sædvanligvis ligger mellem  $600^{\circ}\text{C}$  og  $1100^{\circ}\text{C}$  i det tilfælde, hvor anlægget omfatter en digel og et kammer af rustfrit stål. Når temperaturen imidlertid kan variere fra den omgivende temperatur op til en temperatur på  $1500^{\circ}\text{C}$ , vil anlægget omfatte en digel og et kammer af platin. Når der anvendes ildfaste materialer, såsom sintret magnesiumoxid, kan man nå temperaturer på op til  $1900^{\circ}\text{C}$ . Når det trækbare materiale er glas, bør hovedstrømmen fortrinsvis have temperaturer mellem ca.  $1250^{\circ}\text{C}$  og ca.  $1650^{\circ}\text{C}$ .

Gasbrænderne er fortrinsvis indrettet til at afgive en konstant mængde varm gas med en hastighed på op til 800 m/sek, selvom hastigheden i de fleste tilfælde ligger mellem ca. 500 og ca. 600 m/sek for sekundærstrømmen og mellem ca. 150 og ca. 400 m/sek for hovedstrømmen.

Selvom den øvre grænse for trykket i sekundærstrømmene i praksis er på 4 bar, vil trykket sædvanligvis ligge mellem 1 og 2,4 bar. Den øvre grænse

for det dynamiske tryk i forbrændingsgassen er ca. 200 cm vandhøjde, men i praksis vil det optimale tryk ligge mellem 10 og 100 cm vandhøjde ved en afstand mellem gasbrænderens læber på 6 - 10 mm.

I de fleste udførelsesformer for anlægget ifølge opfindelsen bør afstanden mellem gasbrænderens læbe og akse gennem den nærmest beliggende sekundærstrøm være ca. 6 - 25 mm. Afstanden mellem den mod nedstrømsiden vendende kant af udgangsåbningen for sekundærstrømmen og den forreste kant af udgangsåbningen for det trækbare materiale bør fortrinsvis være mellem 0 mm og 0,5 mm.

Det kan oplyses, at man med det i fig. 15A - 15D viste anlæg er i stand til at fremstille 20 - 25 kg fibre pr. fiberdannelsestid og pr. døgn med en fiberdiameter på ca. 6  $\mu$ .

I det følgende skal man beskrive egenskaberne af de fibre, der kan fremstilles under udøvelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen.

De fibre, der opnås ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen, er meget tynde, og som det fremgår af tabellen I kan sammenlignes med de fibre, der opnås ved de kendte metoder, f.eks. Aerocor-metoden eller den mekaniske trækning-metode, og fibrene har en diameter mellem 0,5 og 10  $\mu$ .

Hvad angår længden af fibrene, som fremstilles ved fremgangsmåden ifølge opfindelsen, bør det bemærkes, at der praktisk taget ikke er nogen grænse for denne længde. Når midlerne til modtagning af fibrene vælges således, at man mest muligt reducerer det antal steder, hvor der forekommer brud på fibrene, kan det opnåede slutprodukt bestå af meget lange fibre. Dette ses bedre, når man betragter den bane glasset følger under trækningen til en fiber udfra glaskeglen. Medens fibren størkner, vokser den kritiske krumningsradius, dvs. den krumningsradius, der bevirker, at fibren går i stykker. Et af de væsentligste træk ved opfindelsen er, at fibren over i det mindste den største del af strækningen følger en tilnærmelsesvis skrueformet bane, hvis stigning og amplitude vokser i fibrens bevægelsesretning, således at den krumningsradius, der meddeles fibren under den progressive afkøling, også vokser mere og mere. Som følge heraf er der en minimal risiko for, at fibren går i stykker ved bøjning.

Under hensyn til praktiske betragtninger vedrørende tilførslen af bindemiddel, modtagning af fibrene, samling af fibrene til dannelse af et filt eller en måtte, sammenpresning af fibrene, samt håndtering af fibrene med hensyn til emballering har man imidlertid konstateret, at det ikke er nødvendigt at fremstille fibre, der har den maksimale længde, for at kunne fremstille meget fordelagtige slutprodukter.

Man kan i overensstemmelse med opfindelsen fremstille fibre ud fra vidt forskellige glasmaterialer, og som følge heraf giver fremgangsmåden ifølge opfindelsen mulighed for, ud fra et passende glas at fremstille fibre, der har udmærkede styrkeegenskaber ved høje temperaturer.

Når man samler fibre, der fremstilles i overensstemmelse med opfindelsen til dannelsen af produkter, som er beregnet til isolering i huse eller bygninger, kan disse produkter have en meget lav rumvægt eksempelvis mellem 7 og 25 kg/m<sup>3</sup> og de opnåede produkter har udmærkede isoleringsegenskaber. De karakteriserer sig desuden ved, at de praktisk taget ikke indeholder restlegemer eller partikler, som ikke er omdannet til fibre.

De opnåede produkter kan efter sammenpresning udmærket genvinde deres tykkelse og de har en meget god trækstyrke. Disse udmærkede egenskaber skyldes formentlig den store længde af fibre og den store trækstyrke for hver enkelt fiber.

De med disse fibre fremstillede produkter føles ganske bløde og silkeagtige ved berøring, hvilket formentlig kan tilskrives de ovenfor nævnte udmærkede fysiske egenskaber.

Andre grunde for slutprodukternes udmærkede mekaniske egenskaber er den førnævnte hurtige afkøling af fibre. Den meget korte strækning af zonen III, hvor fibre trækkes, samt den hurtige overførelse til zonen IV, hvor fibre afkøles hurtigt, bevirker en hurtig hærkning, der af delvis ukendte årsager ændrer fibrenes egenskaber.

#### EKSEMPEL I.

Dette eksempel angår forsøg på industriel basis under anvendelse af et anlæg af den i fig. 9A - 9C viste art. De opnåede resultater angives i tabel III.

Det anvendte glas havde følgende beskaffenhed:

|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 57,00 vægtdele |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4,10           |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,35           |
| CaO                            | 11,31          |
| MgO                            | 3,69           |
| Na <sub>2</sub> O              | 13,16          |
| K <sub>2</sub> O               | 1,54           |
| BaO                            | 1,60           |
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 4,55           |
| F <sub>2</sub>                 | 2,70           |

Under anvendelse af de i tabel III angivne driftsparametre giver fremgangsmåden ifølge opfindelsen en ganske udmærket fiberdannelse. Der kan opnås en produktion, der strækker sig fra 8,6 - 22 kg pr. kegle og pr. døgn. Et tilsvarende område af fiberdiametre blev opnået. Oplysningerne vedrørende fiberdiameteren er angivet i tabel III, dels i form af middelværdien af de målte diametre udtrykt i mikron, dels i form af en angivelse af fibrenes finhedsgrad, såkaldt "micronaire" i en prøve på 5 g i overensstemmelse med den inden for glas-

uldindustrien normaliserede målemetode. I overensstemmelse med denne målemetode placeres en prøve med given fibermasse i et apparat, således at der i apparatet dannes en barriere, som kan gennemtrænges af luft under et givet tryk. Derefter måler man den luftmængde, der går gennem prøven, idet luftmængden afhænger af trykfaldet gennem prøven og udtrykkes ved tal, der på erfaringsmæssigt grundlag knyttes til fibrenes diameter. Jo tyndere fibre er, jo større antallet fibre, der er i prøven, og jo større er modstanden overfor den gennemtrængende luft.

På denne måde opnår man en indikation om middeldiameteren af fibrene i prøverne. "Micronaire"-tallet og middeldiameterne viser en meget snæver korrelation i prøverne 1-6.

TABEL III

| Eksempel<br>nr. | Hovedstrøm         |                             |                      | Sekundærstrøm |                      |                    | Glas                                 |                                   |                           |                                                       |
|-----------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|---------------|----------------------|--------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------|
|                 | Tempera-<br>tur °C | Tryk i<br>cm vand-<br>højde | Hastig-<br>hed m/sek | Tryk<br>(bar) | Hastig-<br>hed m/sek | Tempe-<br>ratur °C | Tempera-<br>tur i glas-<br>keglen °C | Ydeevne<br>pr. enhed<br>i kg/døgn | "Micro-<br>naire"-<br>tal | Fiberdia-<br>meter (arit-<br>metisk middel-<br>værdi) |
| 1               | 1580               | 45                          | 224                  | 2             | 580                  | 800                | 1050                                 | 11,1                              | 3,9                       | ---                                                   |
| 2               | 1580               | 62                          | 262                  | 2             | 580                  | 800                | 1050                                 | 14,1                              | 3,9                       | 4,9                                                   |
| 3               | 1580               | 72                          | 283                  | 2             | 580                  | 800                | 1050                                 | 14,5                              | 3,3                       | 4,6                                                   |
| 4               | 1580               | 72                          | 283                  | 2             | 580                  | 800                | 1050                                 | 8,6                               | 2,45                      | 3,5                                                   |
| 5               | 1580               | 72                          | 283                  | 2             | 580                  | 800                | 1050                                 | 22,0                              | 4,4                       | 6,0                                                   |
| 6               | 1580               | 62                          | 262                  | 2             | 580                  | 800                | 1050                                 | 17,3                              | 4,3                       | 5,4                                                   |

Eksempel II.

Eksempel II vedrører en række forsøg på industriel basis under anvendelse af et anlæg af den i fig. 15C og 15D viste type med spalte for glasset. De opnåede resultater angives i tabel IV.

I disse forsøg havde glasset følgende beskaffenhed:

|                         |                |
|-------------------------|----------------|
| $\text{SiO}_2$          | 63,00 vægtdele |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 0,30           |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 2,95           |
| $\text{CaO}$            | 7,35           |
| $\text{MgO}$            | 3,10           |
| $\text{Na}_2\text{O}$   | 14,10          |
| $\text{K}_2\text{O}$    | 0,80           |
| $\text{B}_2\text{O}_3$  | 5,90           |
| $\text{BaO}$            | 2,50           |

Med vidt forskellige glasmængder pr. tidsenhed har man kunnet opnå vidt forskellige fiberdiametre. I det hele taget kan man sige, at der er opnået en meget god fiberdannelse under opnåelse af en stor produktion af lange og tynde fibre.

TABEL IV

| Eksempel | Hovedstrøm       |                        | Sekundærstrøm      |               | Glas                 |                  |                                 | Ydeevne<br>i kg/døgn | "Micro-<br>naire"-tal<br>(5 gram) |
|----------|------------------|------------------------|--------------------|---------------|----------------------|------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------------------|
|          | Temperatur<br>°C | Tryk i<br>cm vandhøjde | Hastighed<br>m/sek | Tryk i<br>bar | Hastighed<br>i m/sek | Temperatur<br>°C | Temperatur<br>i glaskeg-<br>len |                      |                                   |
| 7        | 1620             | 60                     | 261                | 1,9           | 606                  | 900              | 1030                            | 13,8                 | 4,8                               |
| 8        | 1600             | 58                     | 256                | 1,9           | 606                  | 900              | 1010                            | 6,6                  | 2,4                               |
| 9        | 1620             | 68                     | 278                | 2             | 606                  | 900              | 1030                            | 15,0                 | 4,1                               |
| 10       | 1620             | 58                     | 265                | 2             | 606                  | 900              | 1000                            | 9,6                  | 4,0                               |

## P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåde til fremstilling af fibre af trækbart materiale, fortrinsvis glas, og ved hvilken der tilvejebringes gasstrømme (12, 15), der møder hinanden, og hvor materialet i flydende form og i en kontinuerlig strøm tilføres disse gasstrømme og af disse omdannes til fibre, k e n d e t e g n e t ved, at der tilvejebringes en hovedstrøm (12) af gas, f.eks. forbrændingsgas, at det smeltede materiale tilføres hovedgasstrømmen (12) ved dens grænseflade, at der tilvejebringes mindst én sekundær strøm (15) af gas, f.eks. forbrændingsgas, med et mindre tværsnitsareal end hovedgasstrømmen, en højere hastighed end hovedgasstrømmen og en kinetisk energi pr. volumenenhed op til fyrre gange større end hovedgasstrømmens kinetiske energi pr. volumenenhed, og at den sekundære gasstrøm (15) rettes således imod hovedgasstrømmen (12), at den trænger ind i denne og på i det mindste en del af sin længde er helt omgivet af hovedgasstrømmen og ved vekselvirkning med denne danner hvirvelstrømme i hovedgasstrømmen til omdannelse af det smeltede materiale til fibre i vekselvirkningsområdet.

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at det trækbare materiale regnet i hovedgasstrømmens retning tilføres på nedstrømsiden for hvert sted (14) for indføring af en sekundær gasstrøm i hovedgasstrømmen.

3. Fremgangsmåde ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at der tilvejebringes et antal sekundære gasstrømme med i hovedsagen ens tværsnit i en række på tværs af hovedgasstrømmens retning.

4. Fremgangsmåde ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at der tilvejebringes et antal i hovedgasstrømmens retning efter hinanden beliggende sekundære gasstrømme, og at disse sekundære gasstrømme meddeles aftagende kinetisk energi i hovedgasstrømmens retning.

5. Fremgangsmåde ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at hver enkelt sekundær gasstrøm (15) tilvejebringes i retning i hovedsagen vinkelret på hovedgasstrømmens (12) retning.

6. Anlæg til udøvelse af fremgangsmåden ifølge ethvert af de foregående krav, omfattende mindst to dyser til frembringelse af gasstrømme, der møder hinanden, ved hvilket anlæg der i nærheden af åbningen af mindst én af dyserne findes en åbning (16) til tilførsel af trækbart materiale i flydende form og i en kontinuerlig strøm til gasstrømmene for omdannelse til fibre, k e n d e t e g n e t ved, at en af dyserne afgiver en hovedstrøm af gas, f.eks. forbrændingsgas, at hver af de øvrige dyser (14) har sådanne dimensioner, at hver dyse (14) afgiver en sekundær strøm af gas, f.eks. forbrændingsgas, med mindre tværsnitsareal og større hastighed end hovedgasstrømmen og med en kinetisk energi pr. volumenenhed større end hovedgasstrømmens kinetiske

energi pr. volumenenhed, at der udover nævnte åbning (16) for tilførsel af trækbart materiale eventuelt findes yderligere åbninger (16) af denne art, at alle åbningerne (16) afgiver det trækbare materiale ved hovedgasstrømmens grænseflade, og at åbningen på hver af dyserne (14) for sekundærgasstrøm befinder sig nær ved en af åbningerne (16) for tilførsel af trækbart materiale og retter sekundærstrømmen således imod hovedgasstrømmen, at den trænger ind i hovedgasstrømmen og på i det mindste en del af sin længde er helt omgivet af hovedgasstrømmen og ved vekselvirkning med denne danner hvirvelstrømme til omdannelse af det smeltede materiale til fibre i vekselvirkningsområdet.

7. Anlæg ifølge krav 6, *k e n d e t e g n e t* ved, at der findes flere dyser (14) for sekundær gasstrøm, at disse dyser er udformet cirkulærcylindrisk ved afgangsenden, og at diameteren af den cirkulærcylindriske del er ens for alle dyserne (14).

8. Anlæg ifølge krav 7, *k e n d e t e g n e t* ved, at der findes flere dyser for sekundære gasstrømme, og at disse er beliggende i mindst én række (148), på tværs af hovedstrømmens (12) retning.

9. Anlæg ifølge krav 7 eller 8, *k e n d e t e g n e t* ved, at der regnet i hovedstrømmens retning nedstrøms for åbningen på hver af de dyser (14), der afgiver en sekundær gasstrøm, befinder sig en af åbningerne (16) for tilførsel af trækbart materiale.

10. Anlæg ifølge krav 6 eller 7, *k e n d e t e g n e t* ved, at hver af åbningerne (16) for tilførsel af trækbart materiale er fælles for en gruppe af dyser (106A-106D) for sekundære gasstrømme og er udformet som en spalte (104, 104A, 104B, 104C), der regnet i hovedgasstrømmens retning er anbragt nedstrøms for nævnte gruppe.

11. Anlæg ifølge krav 7, *k e n d e t e g n e t* ved, at dyserne for sekundær gasstrøm har ens tværmål, og at afstanden mellem akserne i dyserne for sekundær gasstrøm i hver tværrække er på mindst to til tre gange tværmålet af dyseåbningen.

12. Anlæg ifølge krav 7, *k e n d e t e g n e t* ved, at der i hovedgasstrømmens retning findes flere i række anbragte dyseåbninger (30A, 30B, 30C) for sekundære gasstrømme med ens tværmål, og at afstanden mellem akserne i disse dyseåbninger er på mindst syv til ti gange tværmålet af disse dyseåbninger.

13. Anlæg ifølge krav 8, *k e n d e t e g n e t* ved, at der i retning på tværs af hovedgasstrømmens (12) retning findes flere rækker af dyser med ens tværmål for sekundær gasstrøm, og at disse dyser indbyrdes er forsat for hinanden i disse rækker.

14. Anlæg ifølge krav 13, *k e n d e t e g n e t* ved, at afstan-

den mellem tværrækkernes centerlinier er på fire til fem gange tværmålet af dyseåbningen for sekundær strøm i den pågældende række.

15. Anlæg ifølge krav 13 eller 14, k e n d e t e g n e t ved, at forsætningen mellem dyseåbningerne (106D) for de sekundære gasstrømme i den ene række og dyseåbningerne i naborækken er på mindst én til to gange dyseåbningens tværmål.

16. Anlæg ifølge krav 9, k e n d e t e g n e t ved, at afstanden mellem midten af en materialetilførselsåbning og midten af den tilhørende dyseåbning for sekundær strøm er på én til to gange dyseåbningens tværmål.

17. Anlæg ifølge krav 6, 12, 13 eller 14, k e n d e t e g n e t ved, at dyseåbningerne (36A, 36B, 36C) for de sekundære gasstrømme er således anbragt i forhold til hovedgasstrømmens (12) retning, at deres akser med denne retning danner progressivt aftagende vinkler.

18. Anlæg ifølge krav 7, 12, 13 eller 14, k e n d e t e g n e t ved, at dyseåbningerne for de sekundære gasstrømme er således indrettede, at de i hovedgasstrømmens (12) retning progressivt har aftagende tværmål.

19. Anlæg ifølge krav 7 eller 10, k e n d e t e g n e t ved, at der ved hver ende af hver række af materialetilførselsåbninger eller af spalten findes en yderligere dyseåbning for sekundær gasstrøm.

20. Anlæg ifølge ethvert af kravene 6-19, k e n d e t e g n e t ved, at dyseåbningerne (106D, 32A - 32C) for de sekundære gasstrømme og åbningen (104) eller åbningerne (104A, 104B, 104C, 33A - 33C) til materialetilførsel er tilvejebragt i en af de vægge (106, 26, 28), der afgrænser hovedgasstrømmen (12A).

21. Anlæg ifølge ethvert af kravene 6-20, k e n d e t e g n e t ved, at der regnet i hovedgasstrømmens retning findes en afbøjningsplade (92) til afbøjning af hovedgasstrømmen.

22. Anlæg ifølge ethvert af kravene 6-21, k e n d e t e g n e t ved, at der over for dyseåbningerne for sekundær gasstrøm og materialetilførselsåbningerne og på den modsatte side af hovedgasstrømmen findes endnu en afbøjningsplade (100) til afbøjning af hovedgasstrømmen.

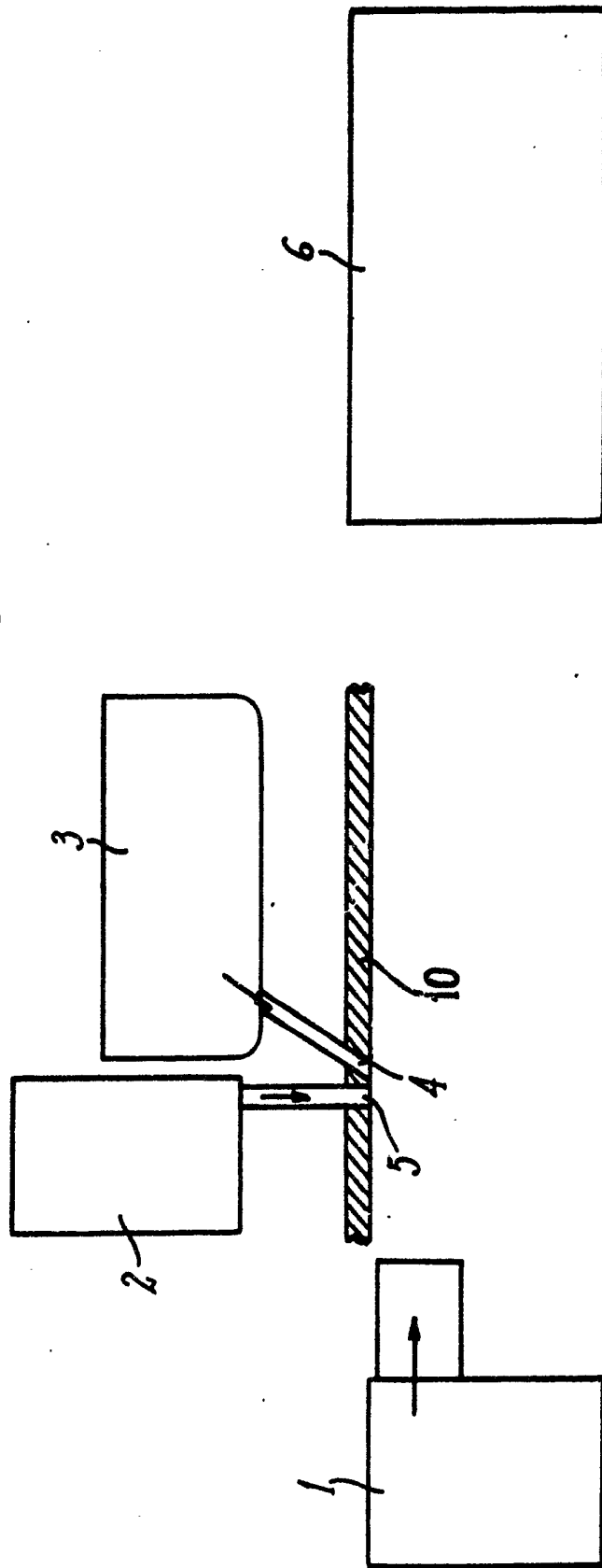
23. Anlæg ifølge krav 21 eller 22, k e n d e t e g n e t ved, at afbøjningspladerne (98, 100) er udstyrede med køleelementer (94, 96).

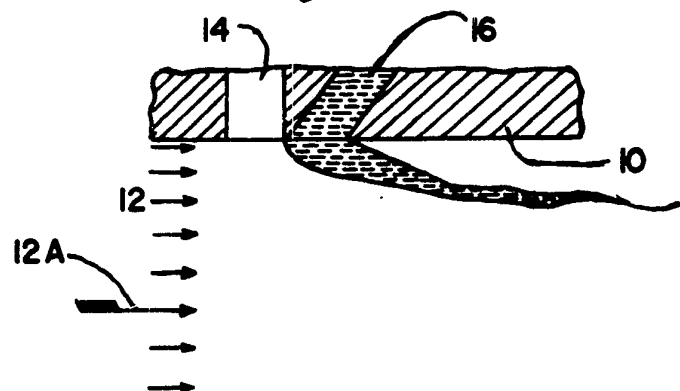
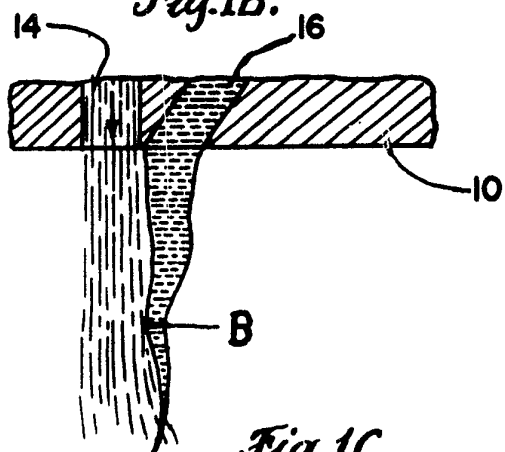
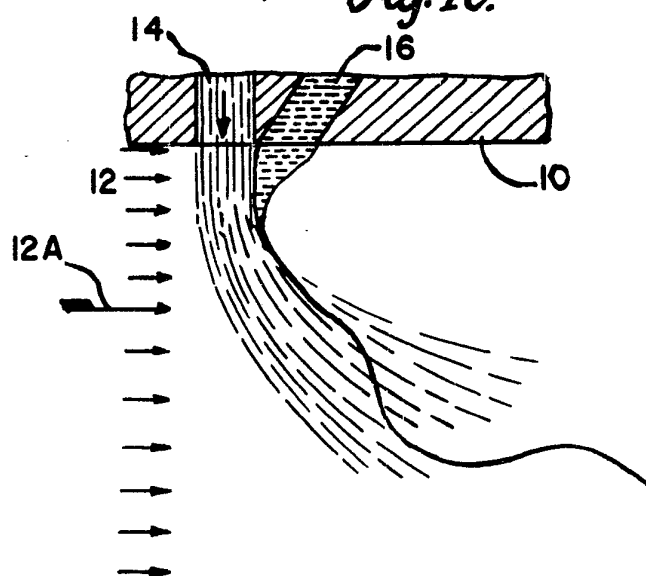
24. Anlæg ifølge ethvert af kravene 6-22, k e n d e t e g n e t ved, at der i mindst to over for hinanden beliggende vægge (26, 28), der afgrænser hovedgasstrømmen (12), findes tilførselsåbninger (31A - 31C, 33A - 33C) for det trækbare materiale og tilhørende åbninger (30A - 30C, 32A - 32C) for sekundære gasstrømme.

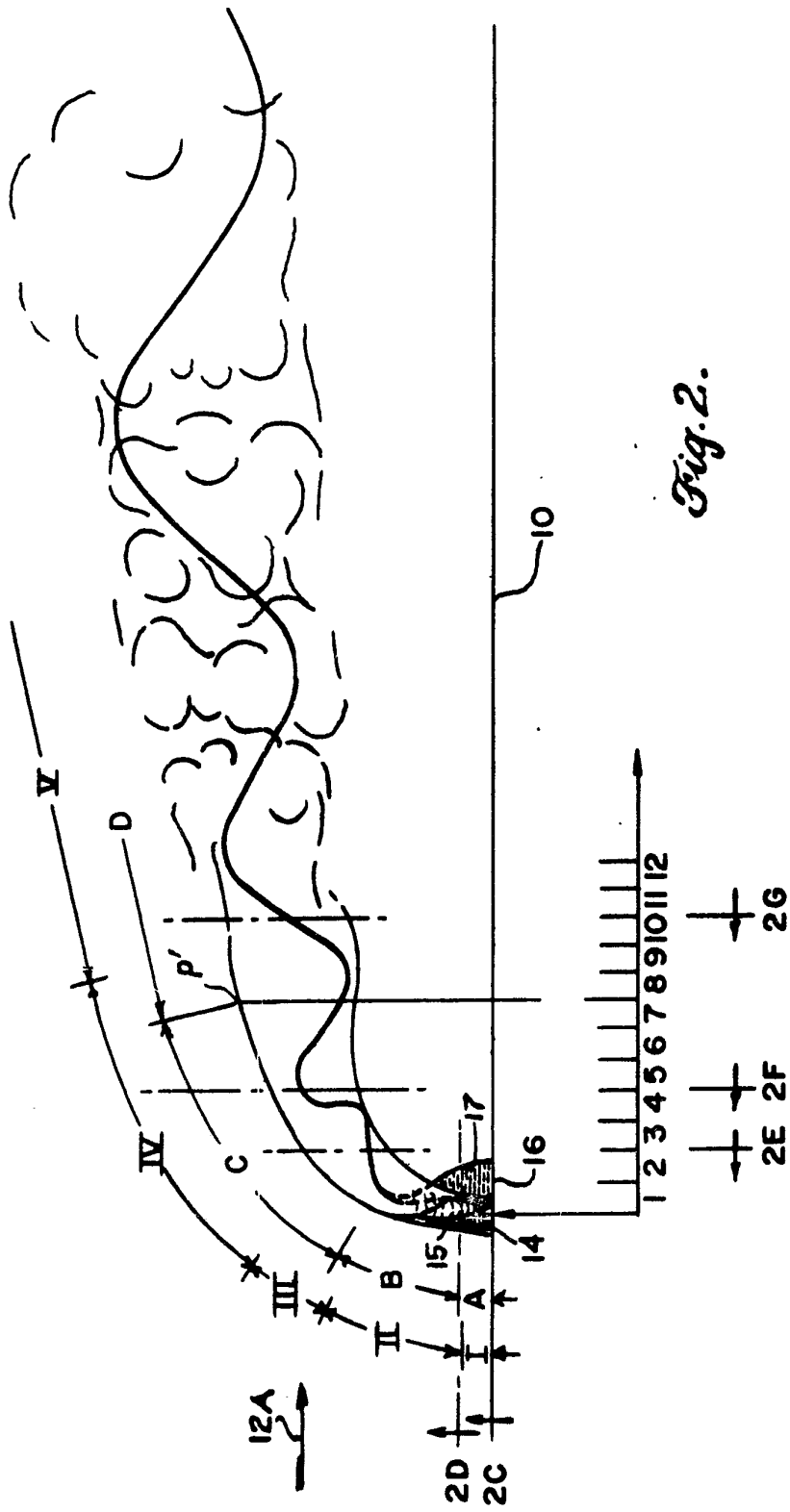
#### Fremdragne publikationer:

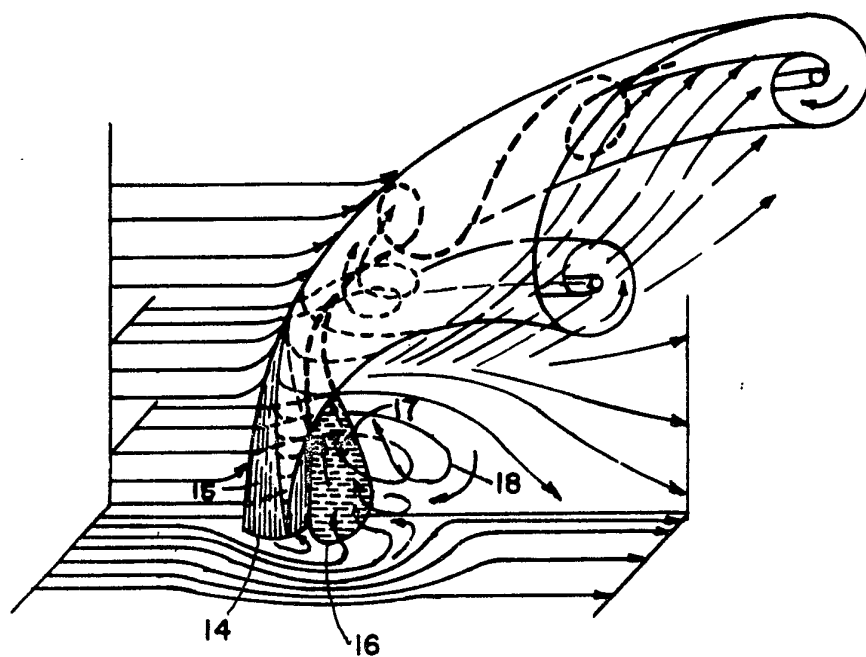
US patenter nr. 2645814, 3357808.

Fig. 1.

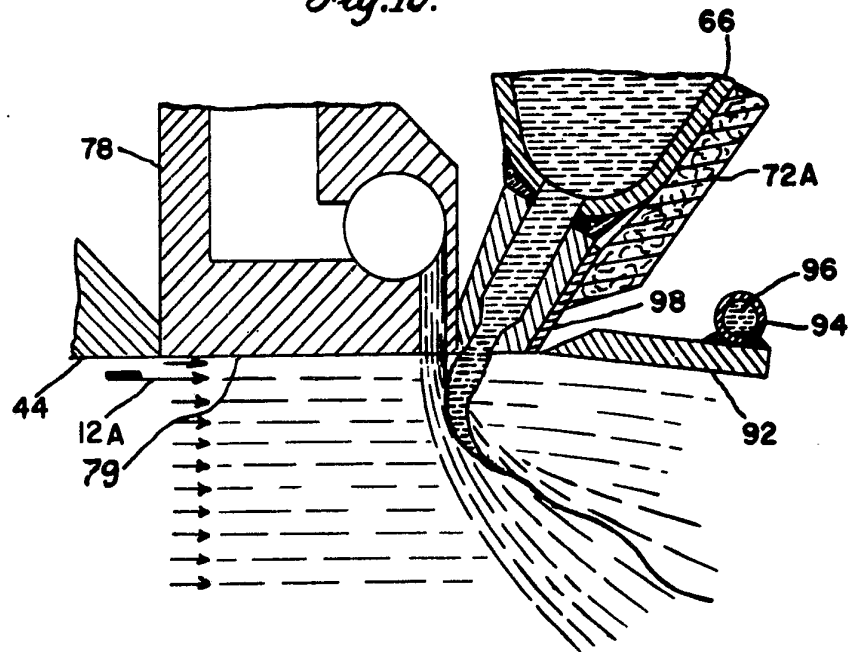
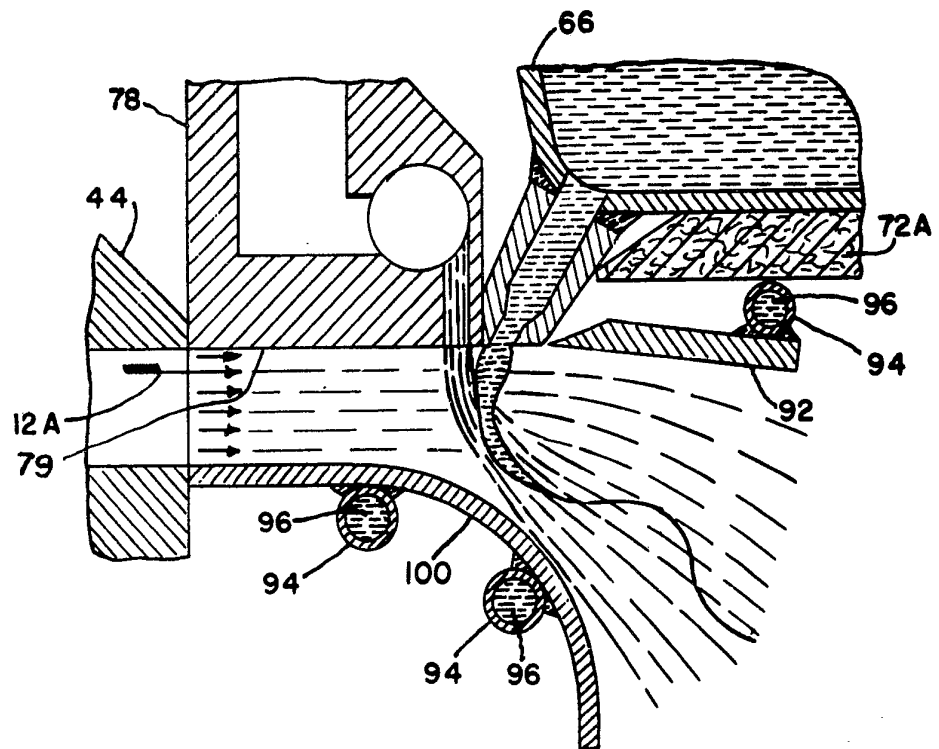


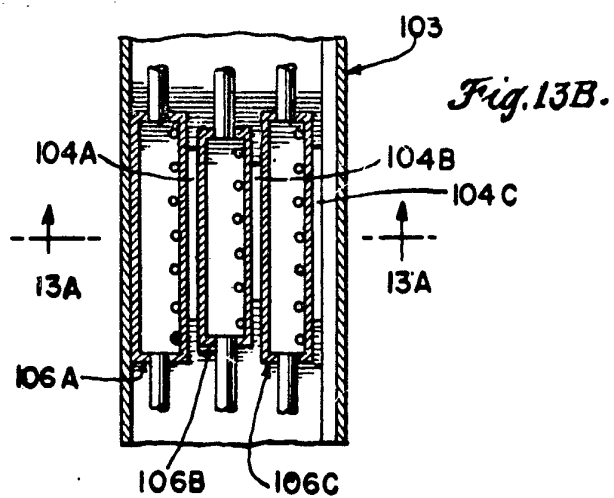
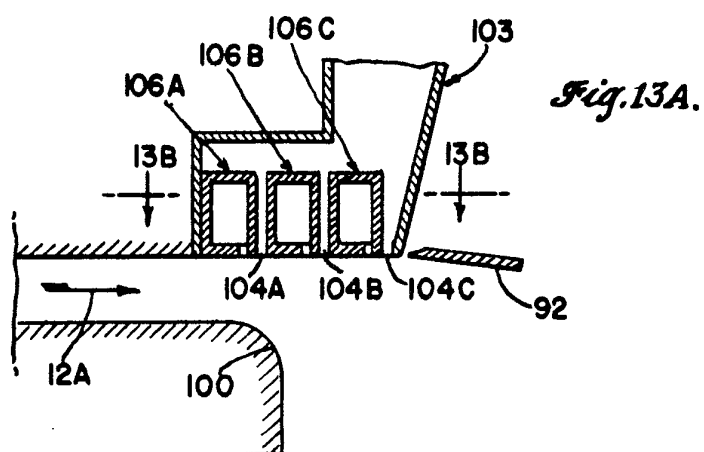
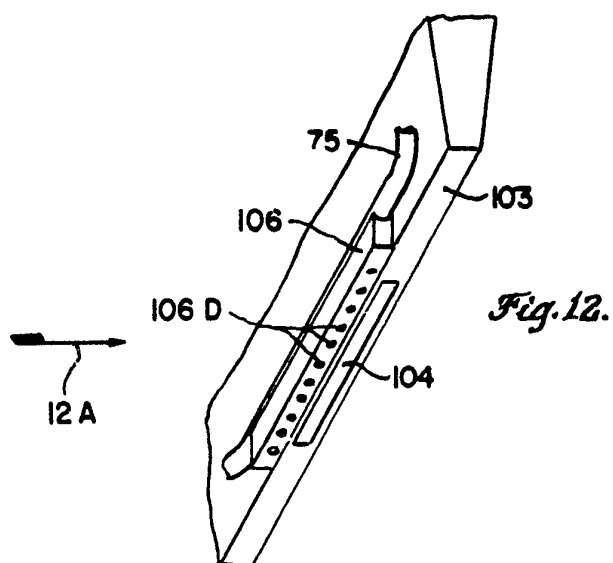
*Fig. 1A.**Fig. 1B.**Fig. 1C.*

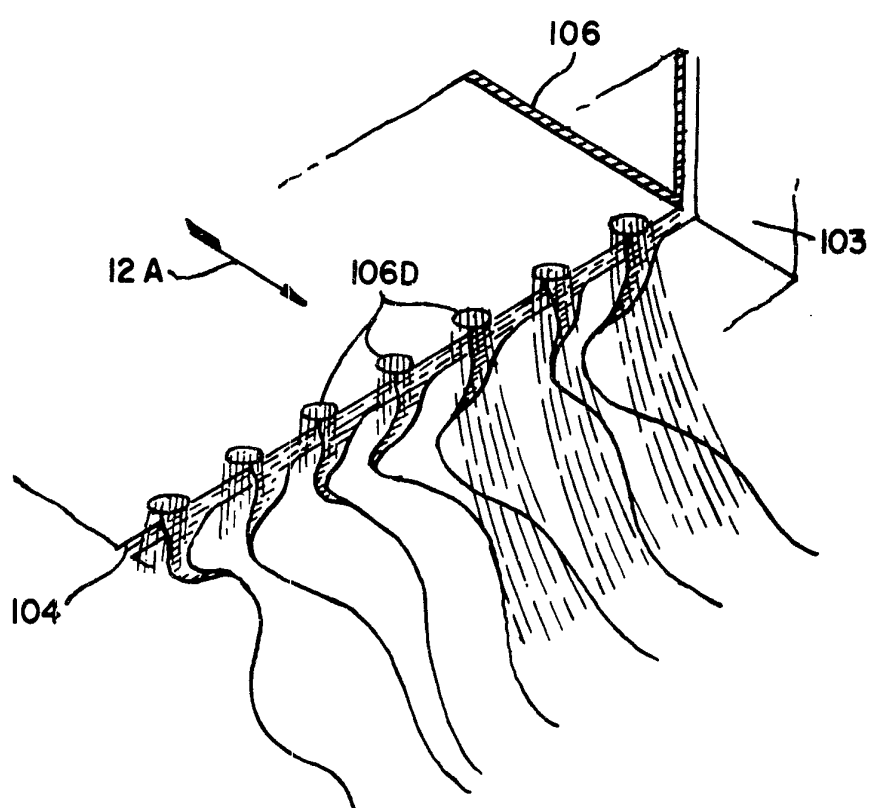




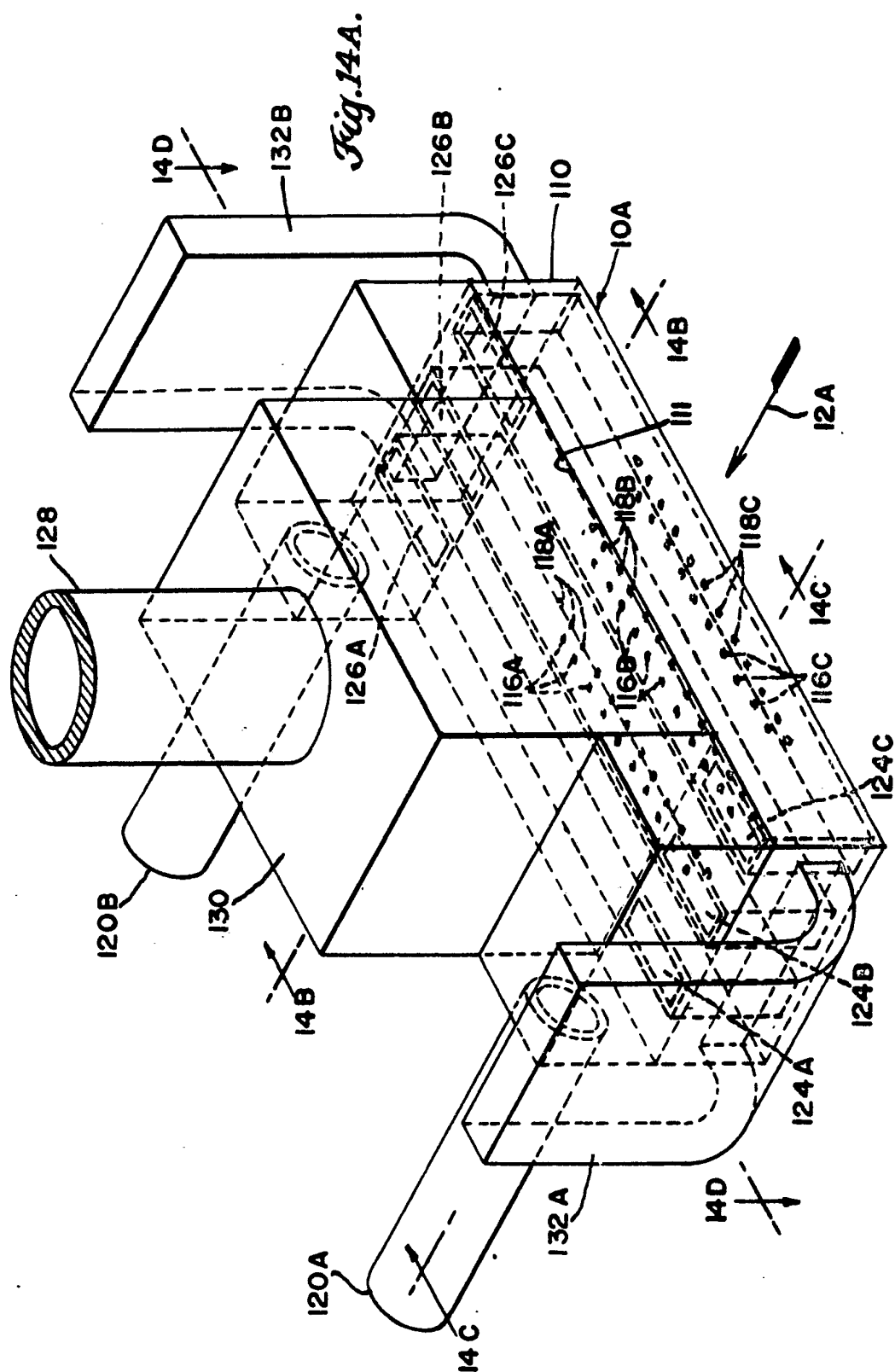
*Fig. 2A.*

*Fig.10.**Fig.11.*





*Fig. 12A.*



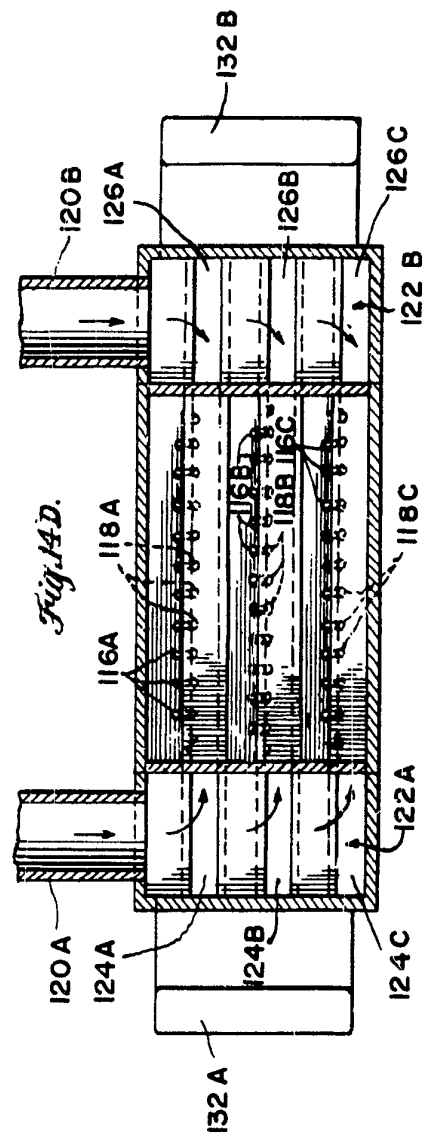
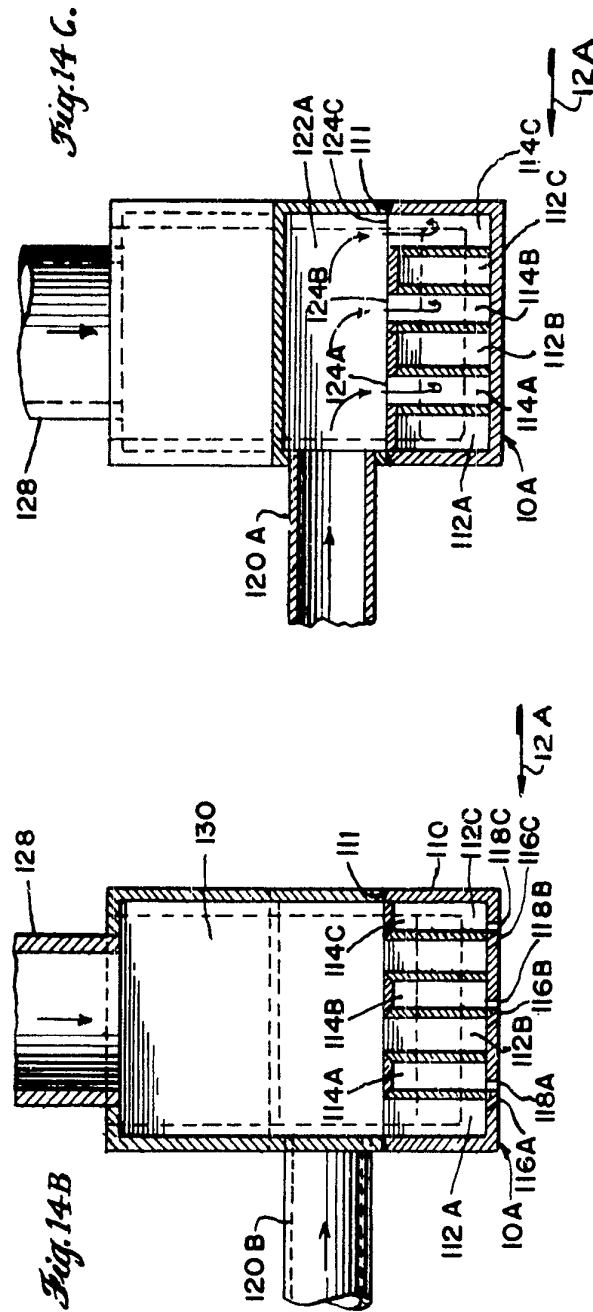


Fig. 15.A.

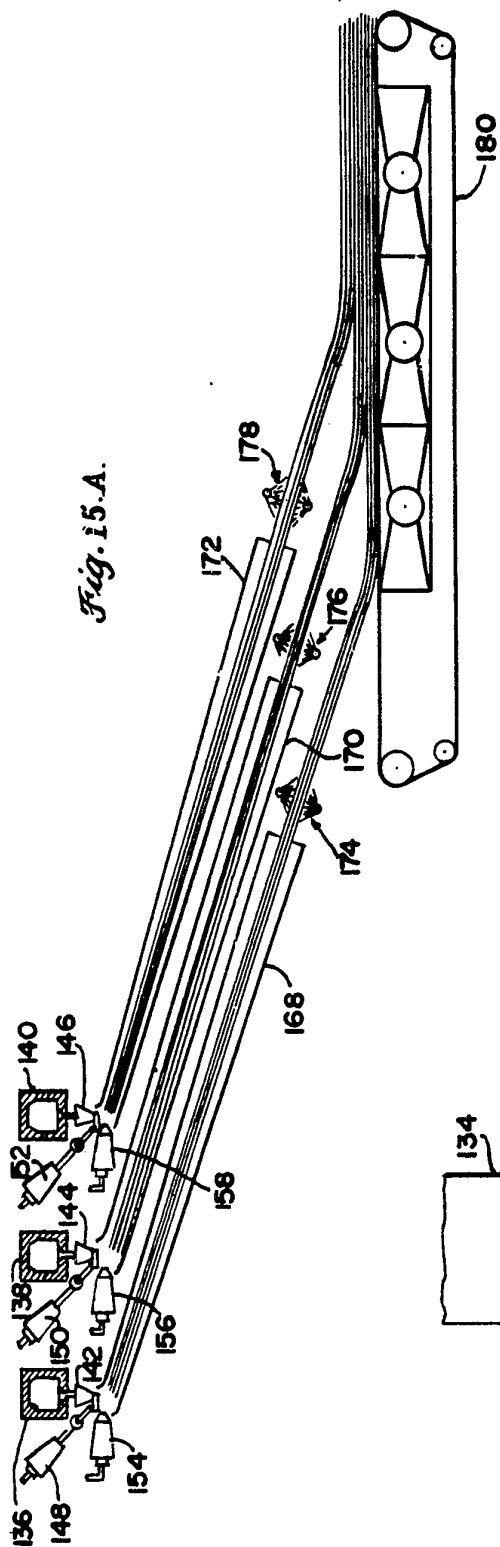
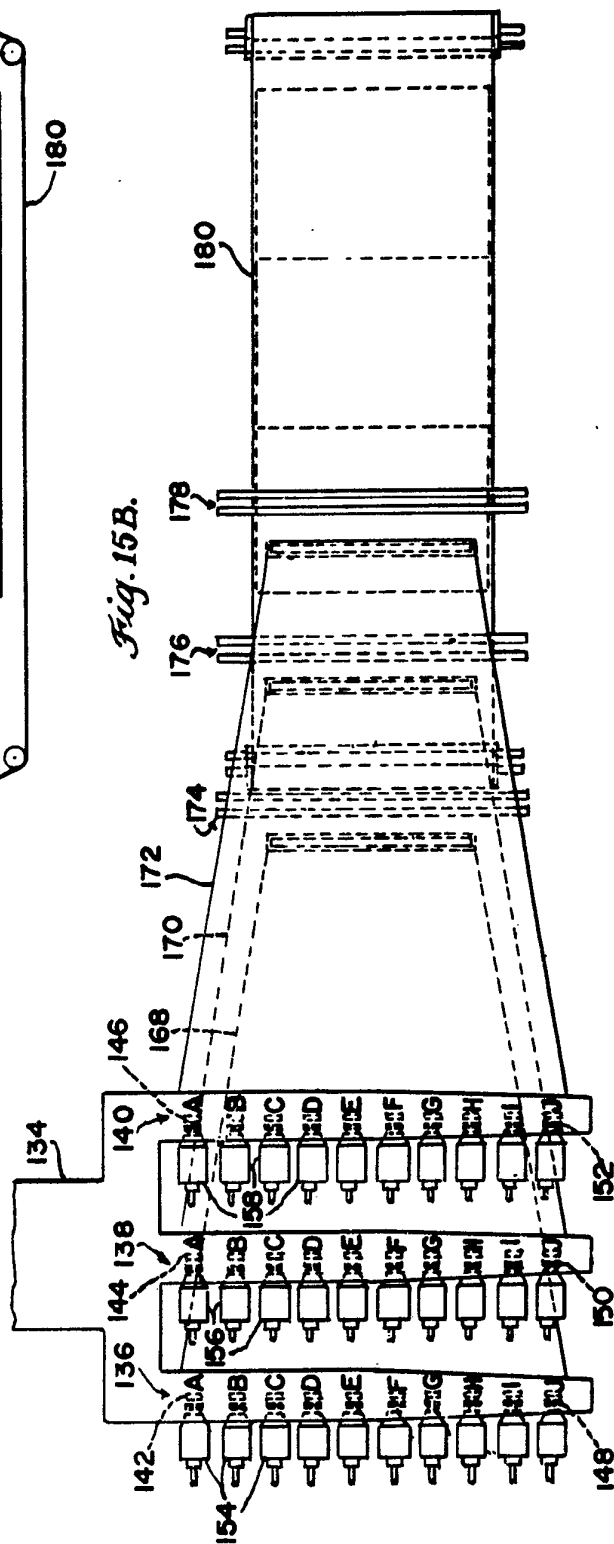
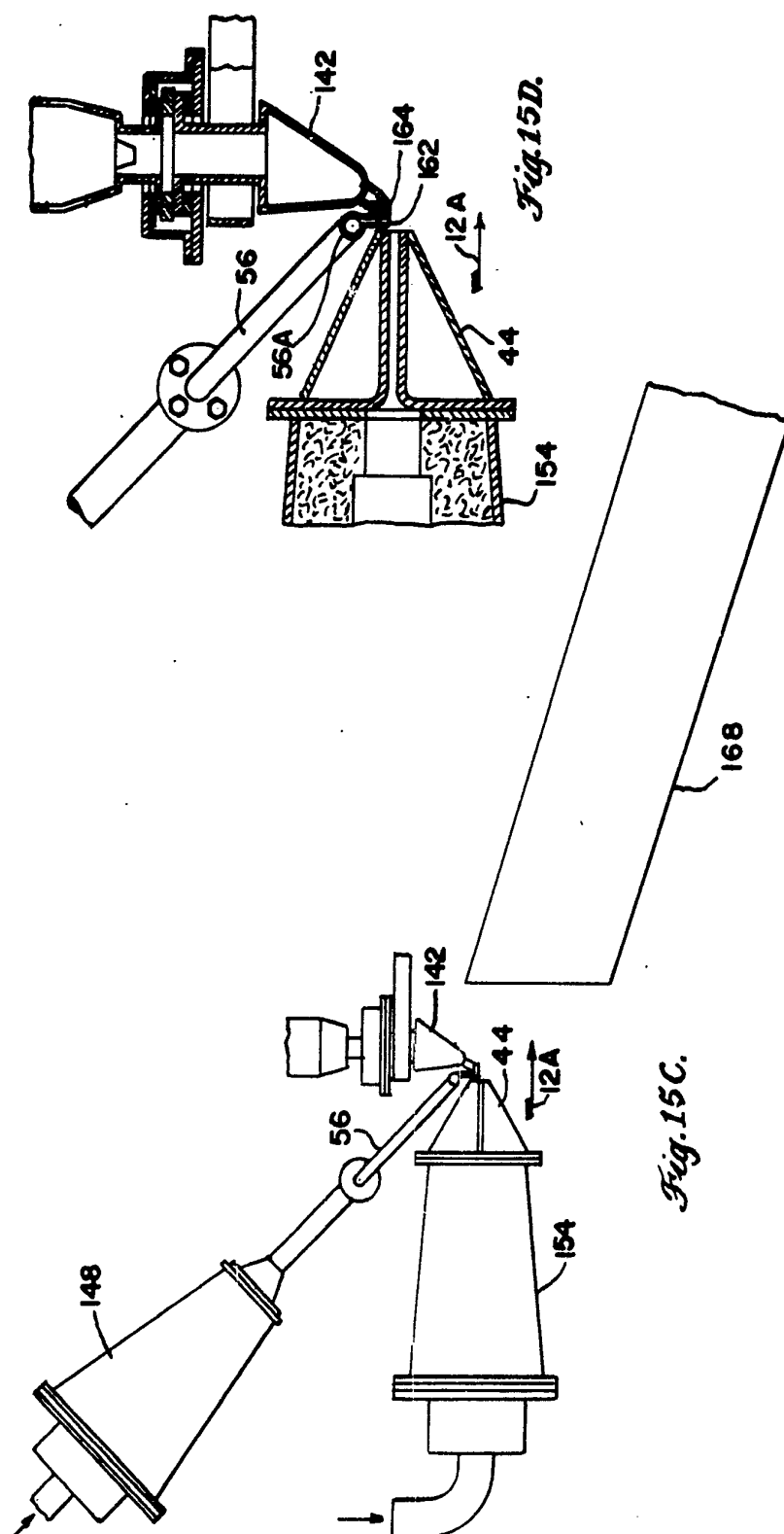
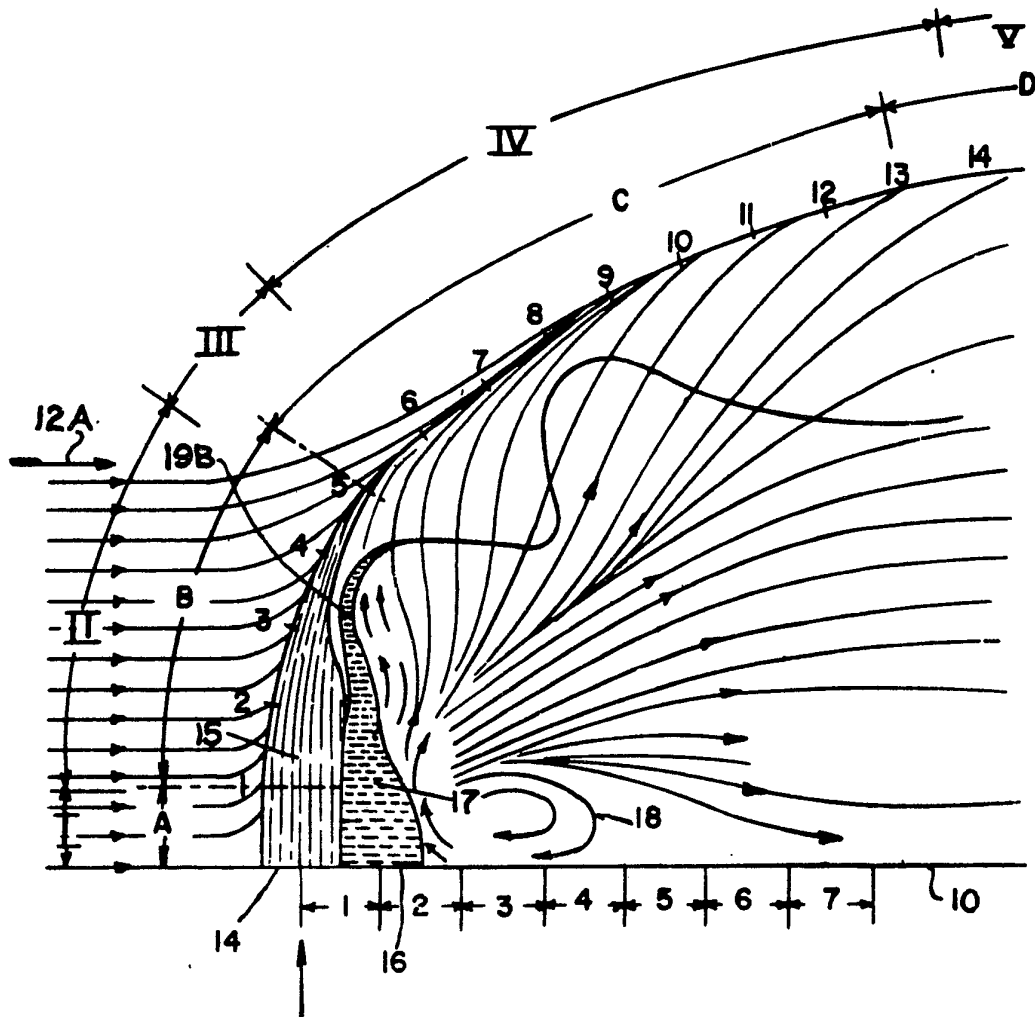
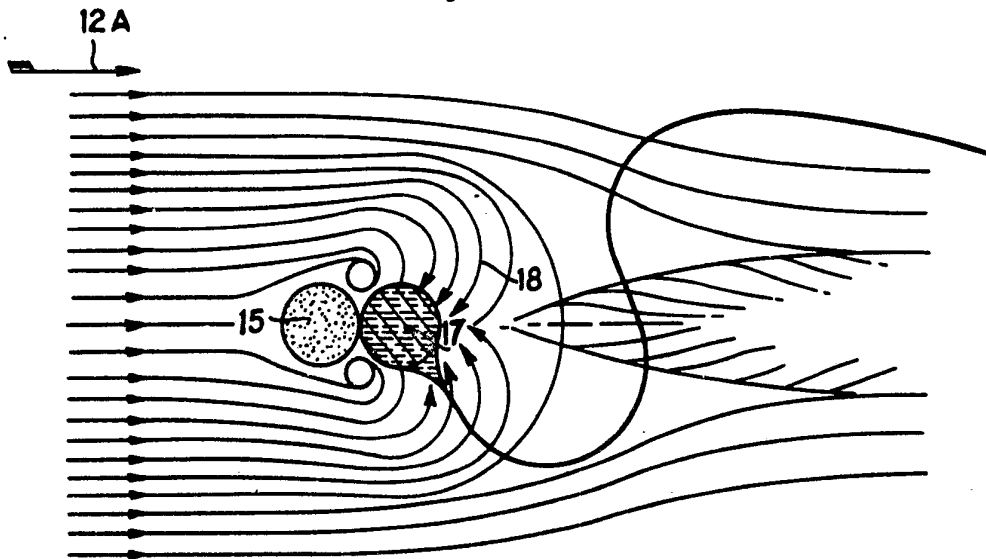
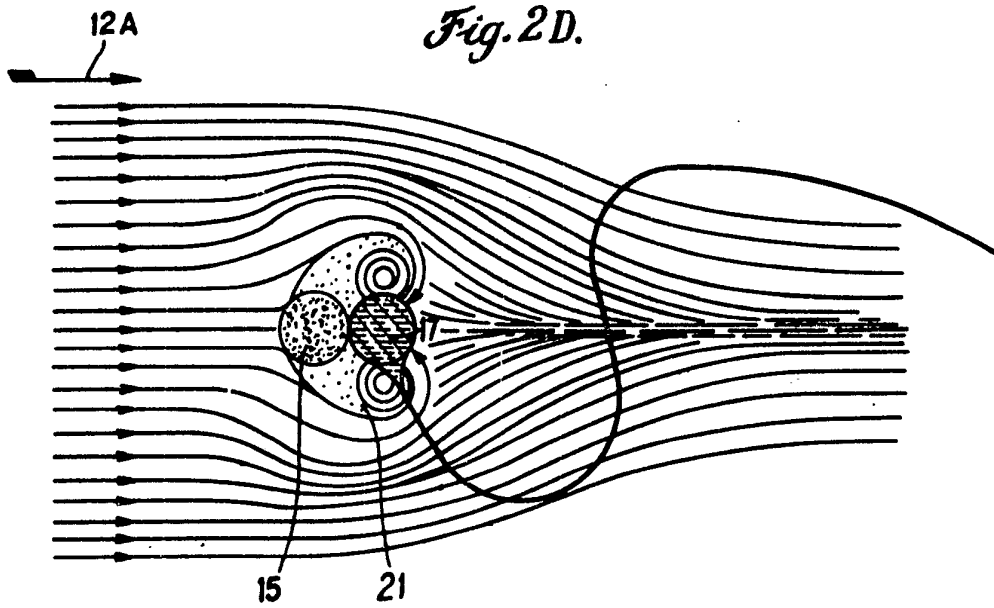


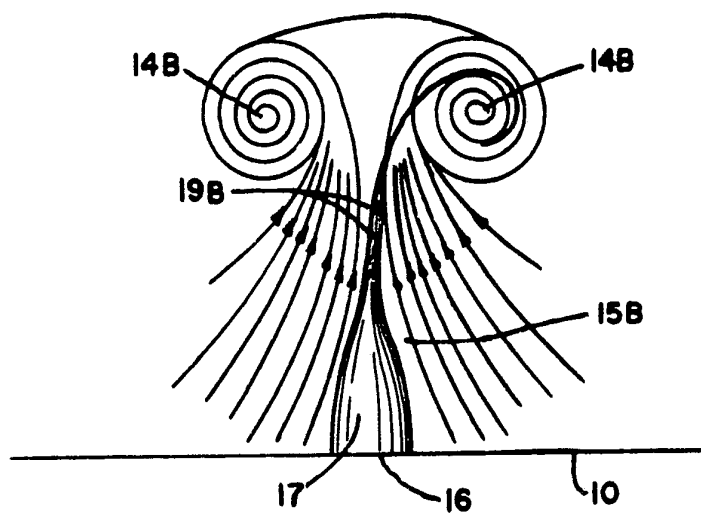
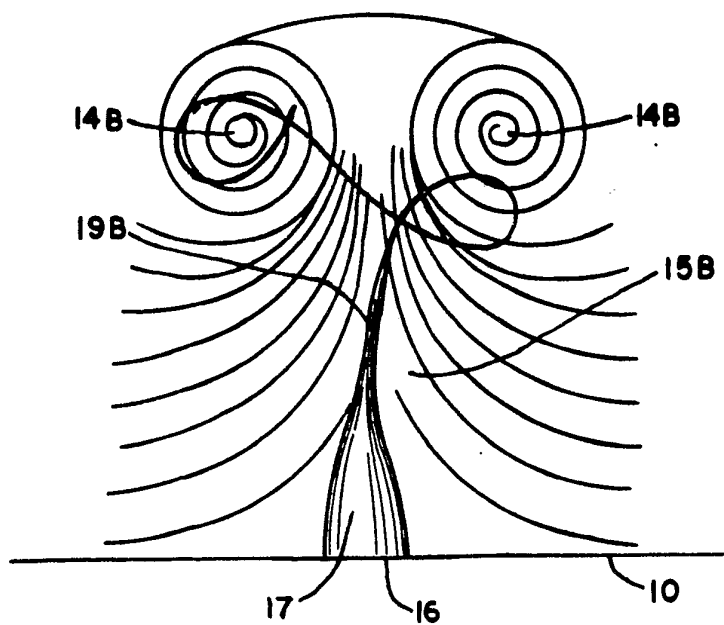
Fig. 15B.

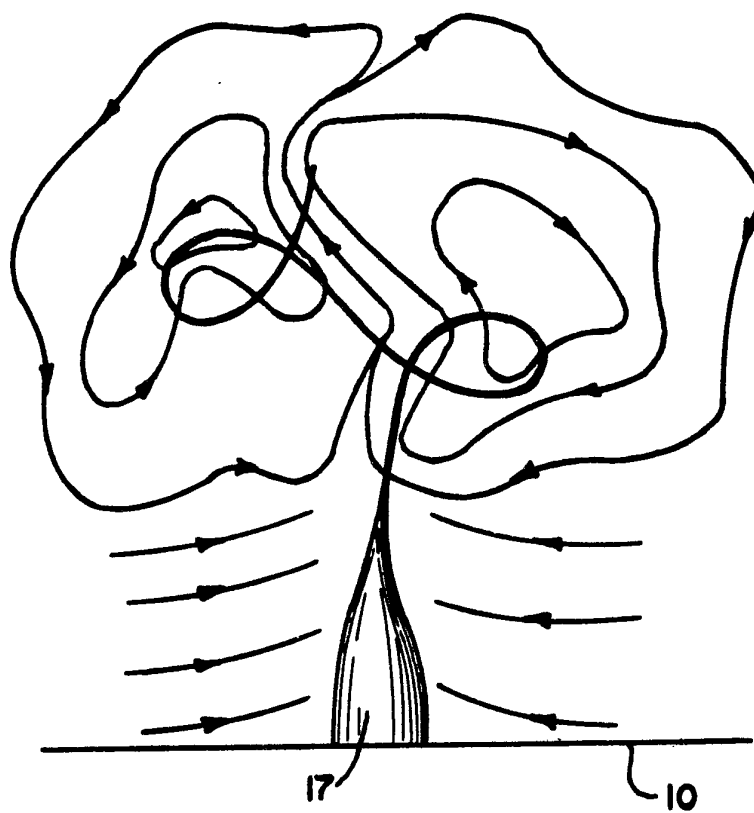




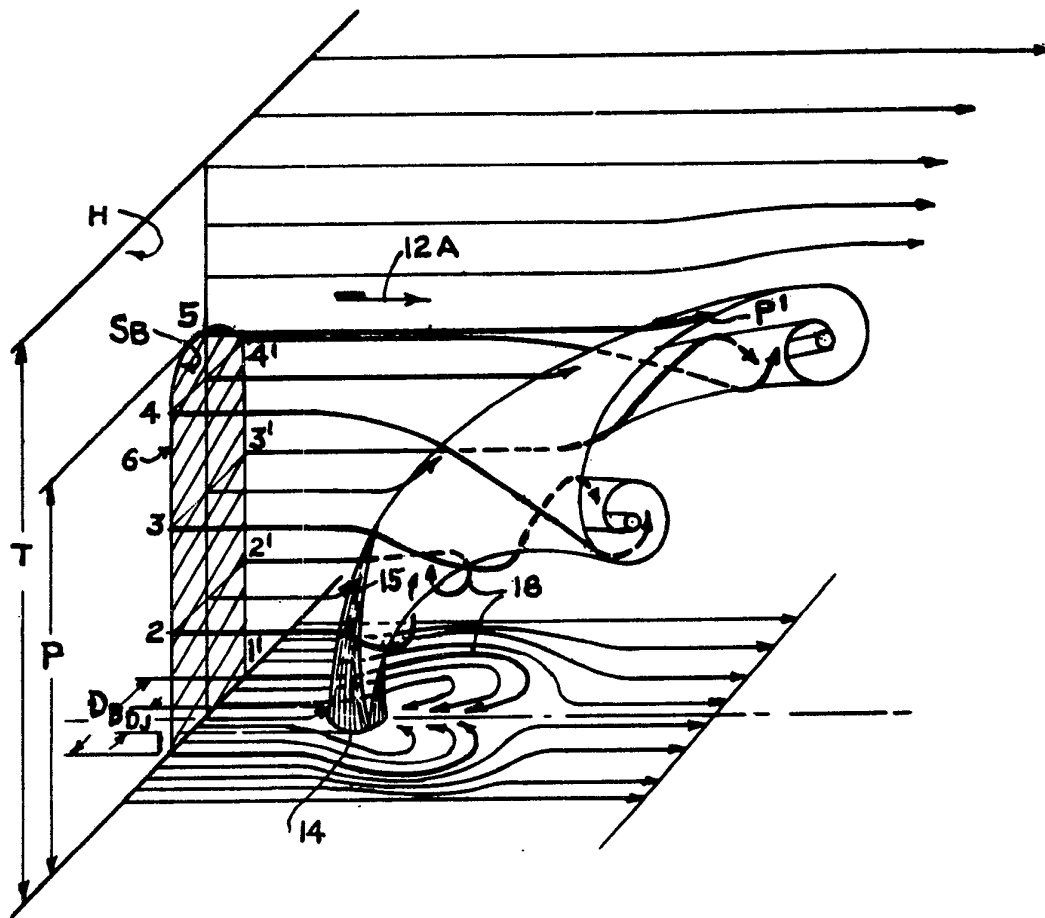
*Fig. 2B.*

*Fig. 2C.**Fig. 2D.*

*Fig. 2E.**Fig. 2F.*



*Fig. 26.*

*Fig. 2H.*

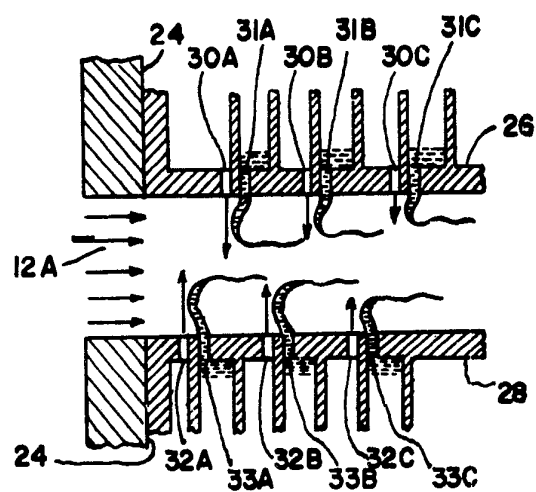


Fig. 3.

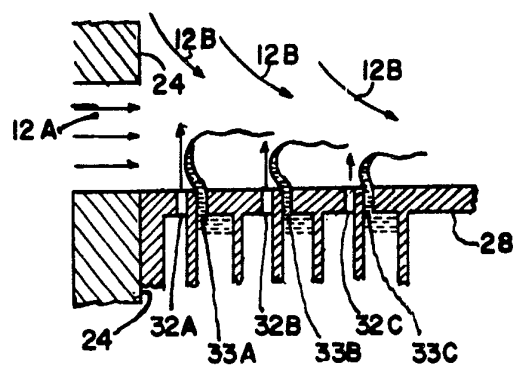


Fig. 3A

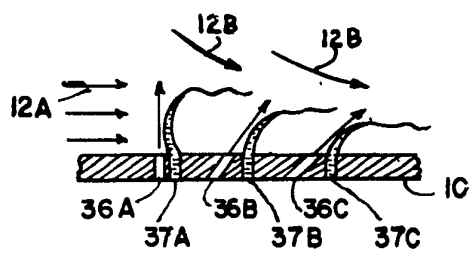


Fig. 4.

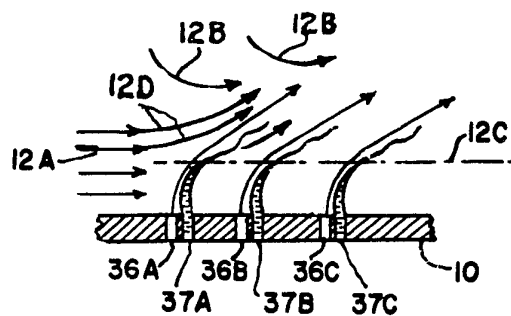
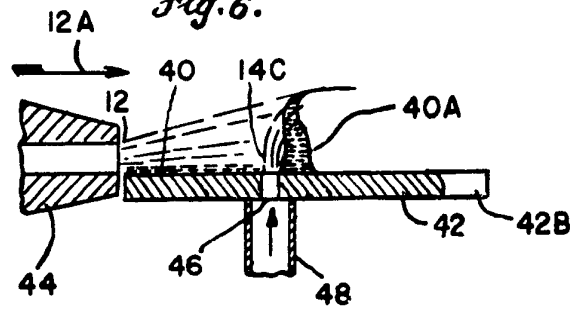
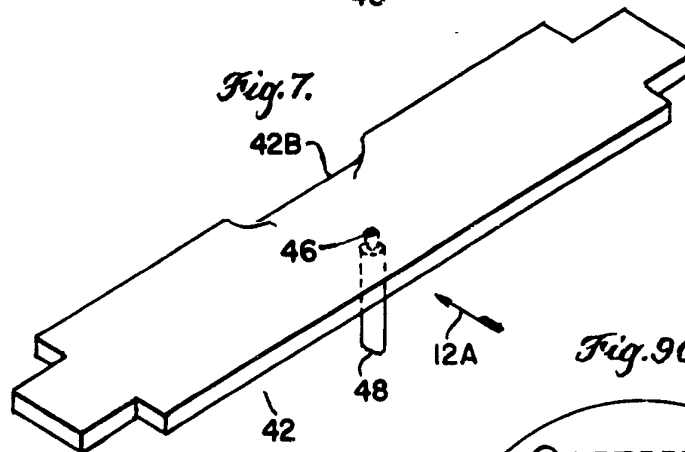
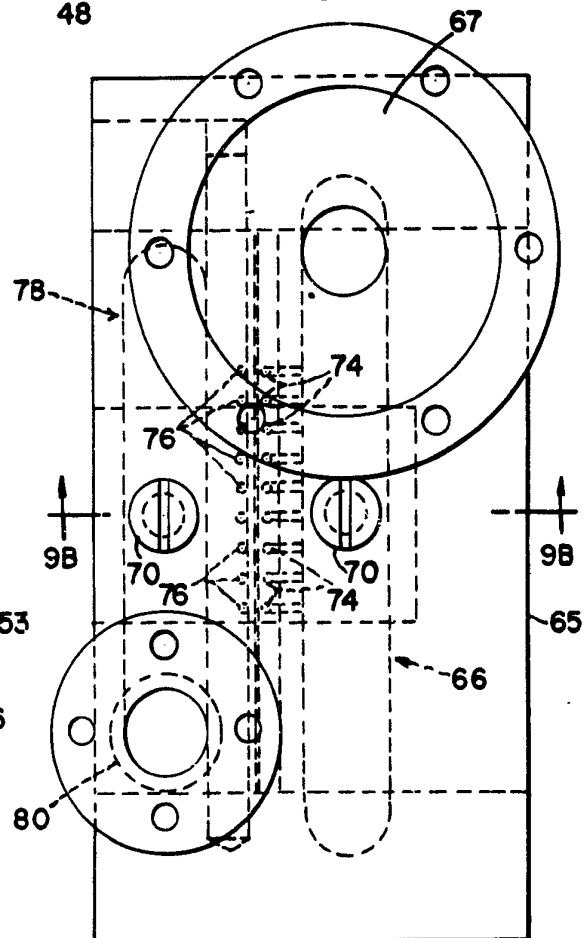


Fig. 5.

*Fig. 6.**Fig. 7.**Fig. 9C.**Fig. 8.*