

(19) DANMARK



Patentdirektoratet
TAASTRUP

(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT

(11) 164541 B

(21) Patentansøgning nr.: 4427/85

(51) Int.Cl.5

C 03 B 5/02
F 27 B 14/06
H 05 B 6/24

(22) Indleveringsdag: 30 sep 1985

(41) Alm. tilgængelig: 02 apr 1986

(44) Fremlagt: 13 jul 1992

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 01 okt 1984 US 656292 01 okt 1984 US 656293 01 okt 1984 US 656386

(71) Ansøger: *PPG INDUSTRIES INC.; One PPG Place; Pittsburgh; Pennsylvania 15272, US

(72) Opfinder: Joseph Michael *Matesa; US, Kwang Jong *Won; US, Henry Martin *Demarest Jr.; US, Ronald Lee *Schwenninger; US

(74) Fuldmægtig: Budde, Schou & Co. A/S

(54) Fremgangsmåde og apparat til induktiv opvarmning af smeltet glas eller lignende

4427-85

(56) Fremdragne publikationer

DE freml.skrift nr. 2343072
GB pat. nr. 1514317
US pat. nr. 3244495

(57) Sammen drag:

4427-85

Glas eller lignende smeltes idet produktionsmaterialerne gøres flydende i et første trin ved strålevarme, hvorefter de overføres til et andet trin, hvor smelteprocessen videreføres, idet den smeltede masse opvarmes ved induktiv opvarmning. I et andet aspekt er der udformet et område ved udløbet af det induktive opvarmningsanlæg, hvori den smeltede masse opbevares til fremme af fjernelsen af luftformige urenheder.

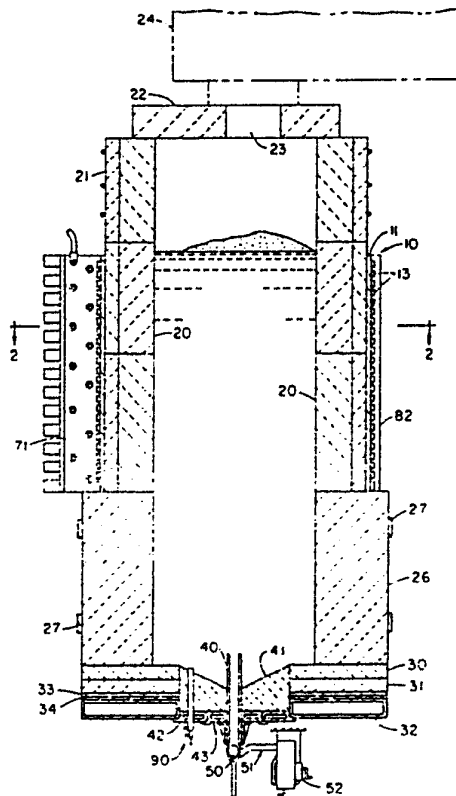


FIG. 1

Opfindelsen angår en fremgangsmåde til smeltning af materiale såsom glas i en to-trins opvarmningsproces. Opfindelsen er egnet til smeltning af et materiale, hvori der kan induceres elektriske strømme, og den er især egnet til
5 smeltning af glas og lignende.

Det er kendt, at et materiale kan opvarmes ved induktion af strømme, når materialet er placeret i en spole med vekselstrøm. En fordel ved denne art opvarmning er, at materialet, som opvarmes, ikke kommer i berøring
10 med elektricitetskilden, dvs. at elektroder ikke skal nedsænkes i den smeltede masse. Den almindelige fremgangsmåde ved induktiv opvarmning af glas er omtalt i mange patentskrifter, f.eks. US-patentskrifter nr. 1.830.481, nr. 1.906.594, nr. 3.205.292 og nr. 3.244.495. Meget af
15 den kendte teknik er begrænset til udførelsesformer i lille målestok, og smeltning af glas i større mængder ved induktiv opvarmning har ikke i væsentlig grad været kommercielt accepteret. Den til induktiv opvarmning knyttede økonomi har imidlertid heller ikke været til fordel
20 for anvendelsen til smeltning af større mængder glas og lignende. Varmeenergi fra afbrænding af brændstof har i almindelighed været mere økonomisk end elektrisk energi til glassmelting. Induktiv opvarmning har endvidere sommetider været betragtet som havende lav effektivitet ved
25 omdannelse af elektrisk kraft til varmeenergi. Det har ligeledes været opfattelsen hos visse fagfolk, at induktiv opvarmning af større mængder glas ville udkræve en så stor induktionsspole, at størrelsen heraf modvirkede brugen af induktiv opvarmning.

30 I GB patentskrift nr. 1.514.317 omtales rensning og/eller homogenisering af smeltet glas, hvor massen bringes op til en forhøjet temperatur, således at materialets viskositet ikke overstiger 1000 poise, og der tilvejebringes opskumning i hele massen ved et gasfrembringende middel.
35 Opvarmningen udøves i en stort set horisontal kanal, som kan opvarmes elektrisk, idet varmelegemerne er neddykket i

glas materialet, og idet der er tilvejebragt en ovn til indledningsvis sammensmeltning af materialebestanddelene, hvilken ovn indbefatter i det mindste én brænder til flydende brændstof, som er placeret således, at en flamme kan rettes
5 mod den hældende bund i ovnen.

I US patentskrift nr. 3.244.495 omtales en styret smelteovn for en glasstrøm, hvilken ovn indbefatter et smeltekammer, og under dette kammer et udligningskammer, som termisk og hydraulisk er isoleret fra smeltekammeret, og som
10 er udformet med temperaturstyrede varmeorganer og overføringsorganer, som enkelvis er placerede mellem smeltekammeret og udligningskammeret. Der anvendes elektrisk energi til opvarmning.

I US patentskrift nr. 4.381.934 omtales smeltning af
15 glasproduktionsmaterialer i et første trin af glassmeltning under anvendelse af en afsmeltningsovn og strålevarme således at glasproduktionsmaterialerne bliver flydende medens de er placeret på en hældende flade. Indledningen til hhv. krav 1 og 10 er baseret på dette patentskrift.

20 Smeltning af produktionsmaterialer kan frembringes mere økonomisk i en afsmeltningsovn af den i US-patentskrift nr. 4.381.934 omtalte art, end i en induktiv varmeovn. Opvarmning ved forbrænding er afhængig af store temperaturforskelle mellem varmekilden og det materiale, som skal opvarmes, for effektivt at kunne overføre varmen. Indledende smeltning af produktionsmaterialer finder sted ved store temperaturforskelle, hvorved opvarmning ved forbrænding må udpeges. Den i ovennævnte patentskrift omhandlede teknik forstærker denne fordel ved
25 forøgelse af aftapningen af varmt, smeltet materiale, og ved kontinuert at udsætte kolde produktionsmaterialer for stråling, hvorved opretholdes store temperaturforskelle. Afslutningen af smeltningen af det flydende materiale indbefatter imidlertid, at temperaturen i et allerede meget
30 varmt materiale skal øges, hvorfor der ikke er tilvejebragt stor temperaturforskel.

Det er formålet med den foreliggende opfindelse at effektivisere smeltningen af råmaterialer, især af råmaterialer til glasfabrikation.

Dette formål opnås ved en fremgangsmåde til smeltning af materiale hvor der tilføres en strøm af pulveriseret materiale til en afsmeltningsovn, hvor materialet er placeret på en hældende flade, og hvor materialet bringes i flydende tilstand ved en indledende stålevarmeoverføring, hvorefter det flydende materiale kontinuerligt overføres fra afsmeltningsovnen til en varmeovn for det andet trin af opvarmningen, hvori en charge af flydende materiale opvarmes til forøgelse af temperaturen, og hvorfra foregår en kontinuerlig fjernelse af det flydende materiale, og hvor den største del af den termiske energi til smeltning overføres til materialet, før dette ledes ind i ovnen til andet trins opvarmning, karakteristisk ved, at et elektromagnetisk vekselfelt påtrykkes det flydende materiale i beholderen i varmeovnen således, at der induceres elektriske strømme med en frekvens, som ikke overstiger 10 kHz, i det flydende materiale. Opfindelsen angår tillige et apparat til smeltning af materialer, indbefattende en afsmeltningsovn med organer for tilførsel af en strøm af pulverformet materiale, en hældende flade indrettet til modtagelse af den indkommende strøm og til bortledning af flydende materiale fra afsmeltningsovnen, strålevarmeorganer hvormed det pulverformede materiale, som ledes til afsmeltningsovnen, bringes i flydende tilstand, og en varmeovn til andet trins opvarmning til afslutning af smelteprocessen, idet denne varmeovn indbefatter en beholder, som er indrettet til optagelse af flydende materiale, som ledes fra afsmeltningsoven, og som er forsynet med en tilledningsåbning i den øverste del af beholderen, og en afløbsåbning og et aktivt opvarmningsområde, karakteristisk ved, at afløbsåbningen i beholderen er placeret i den nedre del af beholderen og er forsynet med strømbegrænsningsorganer, at beholderen er udformet med organer til påtrykning af et elektromagnetisk vekselfelt med en frekvens

på ikke mere end ca. 10 kHz, hvilke organer indbefatter en induktionsspole, som omgiver det aktive opvarmningsområde, til overføring af et elektromagnetisk vekselfelt til det flydende materiale i beholderen i varmeovnen således, at
5 temperaturen i det flydende materiale forøges.

Den foreliggende opfindelse indbefatter en sammensætning af et første trin, hvori anvendes strålevarme til at gøre produktionsmaterialerne flydende, og et andet trin, hvori anvendes et elektromagnetisk felt til induktiv opvarmning af materialet.
10

Induktiv opvarmning kræver ikke temperaturforskelle for at overføre energi til det påvirkede materiale. Derfor er induktiv opvarmning i høj grad egnet til det andet trin i smelteprocessen. Til sammenligning med et totalt energiforbrug på ca. 6 millioner BTU (6334 MJ) pr. ton til smeltning af soda-kalk-kiselsyre planglas i en stor ovn til kontinuert drift, skal der kun overføres en varmemængde på ca. 0,5 million BTU (528 MJ) pr. ton (528 kJ pr. kg) til glasset i den induktive varmeovn for tilvejebringelse af rensningsfunktionen. Ved den foreliggende opfindelse anvendes størstedelen af energien i det mere økonomiske smeltningstrin, og størrelsen af induktionsovnen og den elektriske energi, som forbruges, kan minimeres ved anvendelse af induktiv opvarmning i andet trin, eller "rensetrinet", i smelteprocessen.
20

Der er andre fordele ved at føre materiale til induktionsvarmeovnen i en forud smeltet tilstand. I en kontinuert proces, som den foreliggende, må det foretrækkes, at tilvejebringe stabile cirkulationsmønstre i det smeltede materiale inden i den induktivt opvarmede beholder. Men tilførsel af koldt materiale til den øverste del af beholderen kan modvirke de naturligt opadstigende varmekonvektionsstrømme, og således medføre ustabilitet. Yderligere er tilvejebringelse af smeltet materiale i den øverste del af beholderen i overensstemmelse med, at
35 bobler skal fjernes fra smeltet masse.

Opfindelsen forklares i det følgende nærmere under henvisning til tegningen, på hvilken:

fig. 1 er en afbildning af et vertikalt snit af en foretrukken udførelsesform af et ved den foreliggende opfindelsen tilvejebragt apparat til induktiv opvarmning,

fig. 2 er en afbildning af et horisontalt snit af det i fig. 1 viste apparat langs linien 2-2 i fig. 1,

fig. 3 er en afbildning af et tværsnit i stor målestok af det underste stykke af beholderen i fig. 1 udvisende detaljer i afløb og måleorganer,

fig. 4 er en afbildning af et tværsnit langs linien 4-4 i fig. 3 af en støttearm til måleorganerne,

fig. 5 er et skematisk diagram af det elektriske kredsløb i den ved den foreliggende opfindelse tilvejebragte induktionsvarmeovn,

fig. 6 er en afbildning af det i fig. 2 viste forbindelsesstykke af spolen i stor målestok.

Den foreliggende opfindelse er egnet til induktiv opvarmning af et stort antal forskellige smeltede materialer, men den i detaljer forklarede udførelsesform af opfindelsen er først og fremmest egnet til at smelte glas. Den særlige udførelsesform, som i det følgende forklares nærmere, er yderligere tilpasset til kontinuerlig materiale gennemføring med relativ stor hastighed. Den foreliggende opfindelse er især fordelagtig under disse betingelser, men er ikke begrænset hertil.

I den på tegningen viste udførelsesform af varmeovnen 1 til andet trins opvarmning er der især i fig. 1 og 2 vist en induktionsspole 10 med en enkelt vinding, som indbefatter to halve cylinderskaller 11 og 12, som omgiver et stykke af en cylindrisk keramisk beholder. Til spolen foretrækkes kobber på grund af dets høje elektriske ledningsevne. Tykkelsen af cylinderskallerne 11 og 12 afhænger af den til en udpeget anvendelse krævet styrke, men til den særlige anvendelse, som beskrives, er en tykkelse på 1/4 inch (ca. 6,35 mm) fundet egnet. Til den udvendige side af cylinder-

skallerne 11 og 12 er svejset et antal kølerør 13. Vand eller anden kølevæske kan tilføres rørene 13 gennem ikke-ledende rør 14. Kølevæsken føres i en halvcirkelformet bane omkring den ene side af cylinderen til et udløbsrør 5 15, hvorved væsken kan overføres til et afløb eller til et andet kølerør 13 på den samme side af cylinderen således, at kølevæsken løber tilbage langs en anden halvcirkelformet bane. Afhængig af beholderens størrelse og køleomfanget, kan kølevæsken føres igennem yderligere rør før den overføres 10 til et afløb.

I det induktive opvarmningsområde, som er det første område 4 i det indre hulrum 3 i beholderen, indbefatter beholderen en cylinder, som er udformet af et antal ild- 15 faste blokke 20. Den cylindriske udformning er den mest effektive og derfor den foretrukne, men det må forstås, at andre former kan anvendes. Cylinderen kan udformes af et antal skifter af blokkene 20 og indenfor hvert skifte, kan der være tilvejebragt et antal kileformede blokke, hvorved udformes en cirkel eller en polygon. Eksempelvis 20 er der, i den i fig. 2 afbildede særlige udførelsesform tre skifter af blokkene 20, hvor hvert skifte indbefatter 10 blokke hver med to flader, hvorved der tilvejebringes en tyve-sidet polygon. Blokkene 20 er tilvejebragt i et ildfast materiale udpeget således, at det egner sig til 25 det smeltede materiale, som behandles. I tilknytning til at smelte glas vil et egnet ildfast materiale være tilvejebragt af aluminium-zirconium-silicium. En sådan art ildfast materiale er egnet berøring af smeltet glas, men dets varmeisolerende egenskaber er relativt dårlige sammen- 30 lignet med andre typer ildfast keramisk materiale. I overensstemmelse hermed skal tykkelsen af en blok 20 i radial retning være så stor, at der tilvejebringes en temperaturgradient mellem blokkens indre overflade og ydre overflade således, at alt smeltet materiale, som måtte und- 35 slippe langs blokkenes sammenstødende flader eller gennem revner, er stivnet eller i det mindste er meget tyk-

0 flydende, før det når blokkene 20's ydre flade. I tilknytning til glas tilvejebringes der ved en egnet temperaturgradient en temperatur på den ydre flade på blokkene 20, som ikke er højere end devitrifikationstemperaturen for den
5 glasart, som smeltes. Med en typisk handelsmæssig sammensætning af soda-kalk-silicium planglas skal en sådan temperatur være omkring 1800°F (ca. 980°C). Endnu bedre tæthed vil kunne tilvejebringes med en ydre temperatur nær ved blødgøringspunktet for glas - omkring 1400°F (750°C).
10 Herudover skulle de ildfaste indre blokke 20 have en forholdsvis høj elektrisk modstand ved høje temperature således, at der til det ildfaste materiale kun overføres en lille del af de inducerede elektriske strømme. Eksempelvis kan tilfredsstillende resultater opnås med et ildfast materiale, hvis elektriske modstand er af en størrelsesorden på 5-10 gange modstanden i det smeltede materiale, som bliver behandlet. Selv om det ikke er væsentligt for det grundlæggende i opfindelsen, må det foretrækkes, at det ildfaste materiale er af en sådan art, at det er
20 egnet til en stadig temperaturændring mellem rumtemperatur og driftstemperatur.

På den udvendige side af den af blokkene 20 afgrænsede ildfaste cylinder er der tilvejebragt en udvendig ildfast cylinder, som indbefatter et antal blokke 21.
25 Blokkene 21 er et keramisk ildfast materiale udpeget ud fra dets isolerende egenskaber, dvs. med en relativ lav varmeledningkoefficient. De ydre blokke 21 har en lavere varmeledning, end de indre blokke 20, tykkest i en størrelsesorden, som er mindre end halvdelen af de indre blokkes varmeledningsevne, og fortrinsvis mindre end ca. $1/5$ heraf. Eftersom isoleringen fra det smeltede materiale i beholderen tilvejebringes gennem den indre ildfaste cylinders vægtykkelse, skal de ydre ildfaste blokke 21 ikke nødvendigvis være egnet til berøring med det smeltede
30 materiale, selv om tilvejebringelsen af en vis egnethed hertil ved forholdsvis moderate temperature må foretrækkes.

0

Som eksempel på et egnet materiale til det ydre isolerende ildfaste lag kan udpeges et porøst (lav densitet) ildfast materiale af ler. Det isolerende lag kan, på grund af dets ringe varmeledningsevne, opfylde kravet om at tilvejebringe en yderligere varmegradiant, som er egnet til berøringen med metalinduktionsspølen på den udvendige overflade, samtidig med, at der kun må tilvejebringes en minimal forøgelse af beholderens vægtykkelse. Det må foretrækkes, at vægtykkelsen over alt holdes så lille som mulig for således at gøre den effektive kraftoverføring så stor som mulig ved at placere spølen så tæt som mulig ved det materiale, som behandles, og ved at minimere mængden af materiale indenfor spølen, hvori vagabonderende strømme kunne induceres. Spøletemperaturen skal kunne holdes på en egnet lav temperatur, således at væsentlig oxidering af metallet undgås, hvorved kobberets elektriske modstand holdes så lille som mulig, og unødvendige effekttab undgås. Kølespiraler 13 medvirker ved fastholdelse af en lav spøletemperatur, og den af det ydre lag af ildfast materiale 21 tilvejebragte varmegradiant skulle kunne holde kravene til køling og energitabene på et rimeligt niveau. Når kølevæsken er vand må det foretrækkes, at spøletemperaturen, og således også den udvendige overfladetemperatur på det ydre ildfaste materiale 21, holdes under 100°C .

Opbygningen af den del af beholderen, som er placeret over induktionsspølen er ikke så kritisk, som den del af beholderen, som er placeret inden i induktionsspølen, men det kan være mere bekvemt, at den samme opbygning fortsættes til toppen af beholderen, som vist i fig. 1. Et ildfast lågeorgan 22 kan være tilvejebragt i beholderens øvre ende, hvor der er udformet en indførringsåbning 23. Råmateriale kan indføres gennem åbningen 23, men i det mindste i tilknytning til glas må det foretrækkes, at råmaterialet er blevet flydende i et forudgående trin i smelteprocessen. En foretrukken smeltepro-

35

ces er omtalt i US-patentskrift nr. 4.381.934. En egnet overløbsbeholder 24 eller lignende kan være tilvejebragt til opbevaring af det materiale, som skal tilføres den induktionsopvarmede beholder.

5 Tykkelsen af beholdervæggen 26 i det andet område 5 nedenunder induktionsspolen er ikke kritisk, men ikke forurende berøring med det smeltede materiale må i høj grad tages i betragtning. Det foretrækkes derfor, at den nedre del af væggen 26 er tilvejebragt i et ildfast materiale, 10 som er egnet til berøring med det smeltede materiale (aluminium-zirconium-silicium typen af ildfaste materialer i tilknytning til glas), og at væggen tilvejebringes med en tykkelse, som kan tilvejebringe egnet varmeisolering. Som i de øvrige dele af beholderen kan den nedre del 26 være 15 fremstillet af et antal kileformede ildfaste blokke. Spændestykker 27 eller lignende (fortrinsvis af rustfrit stål for at holde ferromagnetismen så lav som mulig) kan være tilvejebragt omkring den nedre del af beholderen til fastholdelse af blokkene i deres placering uden unødvendigt 20 tab af energi ved i spændestykkerne inducerede vagabonderende strømme. Energital i spændestykkerne 27 kan yderligere reduceres ved at gøre metaltværsnitsarealet så lille som mulig, ved at placere dem i så stor afstand under induktionsspolen, som mulig, og ved i længderetningen at 25 opdele hvert spændebånd i et antal elektrisk isolerede stykker.

Gulvet i beholderen er også opbygget af ildfast materiale egnet til berøring med det smeltede materiale. Detaljer i gulvopbygningen er vist i stor målestok i fig. 30 3. Det må foretrækkes, at det øverste lag 30 i opbygningen af bunden indbefatter et ildfast materiale egnet til berøring med det smeltede materiale, som f.eks. en type ildfast materiale af aluminium-zirconium-silicium i tilknytning til glassmeltning. Under laget 30 kan der være 35 tilvejebragt et andet lag 31 af et materiale, som er udpeget på grund af dets varmeegenskaber, som f.eks. et

0

ildfast materiale af ler med lav densitet. På den udvendige side af bundopbygningen er der tilvejebragt afkøling for herved at sikre, at det smeltede materiale i beholderen ikke kan sive ud. I den afbildede udførelsesform er den nederste del af beholderen tilvejebragt som et ringformet vandkøleorgan 32. Mellem vandkøleorganet 32 og det ildfaste lag 31 kan der være tilvejebragt et lag af ildfast papir 33 og en kobberplade 34, som virker ved at afskærme vandkøleorganet 32 mod vagabonderende induktionsstrømme, især hvis køleren er gjort af blødt stål.

Forskellige anlæg til afløb for smeltet glas eller lignende fra beholderen er kendt teknik og kan anvendes i tilknytning til den foreliggende opfindelse, men et særligt fordelagtigt afløbsanlæg er vist på tegningen, især i fig. 3. Afløbet indbefatter et rør 40 tilvejebragt af et varmeresistent metal (f.eks. en platin-rhodiumlegering), hvilket rør er fastgjort i midten af beholderens bund. Røret 40 forløber gennem et midterste ildfast stykke 41, hvilket må foretrækkes at være tilvejebragt af et ildfast materiale, som er egnet til berøring med det smeltede materiale. Røret 40 forløber et stykke over overfladen af bunden i beholderen, således at det hindres, at affald på bunden af beholderen bliver ført med af den udstrømmende masse. Det ildfaste stykke 41 af bunden hælder nedad mod røret 40, således at der er tilvejebragt en mindre ildfast tykkelse, og således mindre isolation, nær ved røret, hvorved der fastholdes en relativ høj temperatur inden i røret, således at det smeltede materiale ikke stivner inden i røret. Yderligere kølerorganer 42 og 43 er tilvejebragt under det midterste ildfaste stykke 41 og omkring røret 40 således, at det sikres, at det smeltede materiale ikke siver ud.

Der kendes forskellige organer til styring af strømmen af smeltet materiale, som f.eks. glas, gennem et afløb, som virker ved tyngdekraften. I mange af disse anlæg gribes ind overfor materialets viskositet gen-

35

0

nem varierende opvarmning eller afkøling af afløbsrøret. En induktionsspole knyttet til afløbsrøret er et typisk eksempel herpå. I visse tilfælde kan sådanne løsninger virke på egnet vis i tilknytning til den foreliggende opfindelse, men de er behæftede med visse ulemper ved smeltning af glas i store kvantiteter. Varmemængden i en hurtigt flydende strøm af glas (eksempelvis i størrelsesordenen hundrer eller tusinder af kg/time) er så stor, at det er vanskeligt på afgørende vis at påvirke strømmens viskositet ved varmeoverførsel gennem væggene på et afløbsrør. Hertil kommer, at selv om der er tilvejebragt en egnet varmeudveksling således, at strømningshastigheden styres effektivt, vil glasviskositetens følsomhed overfor temperaturen gøre det vanskeligt nøjagtigt at styre strømningshastigheden. Fysiske strømningsbegrænsningsorganer ("dykkerstempler") er kendte indenfor for fagområdet til styring af en strøm af smeltet glas. Et typisk anlæg med dykkerstempler indbefatter opbygningsselementer i smeltebeholderen, som virker sammen med den øvre ende af en afløbsåbning. Et sådant anlæg ville ikke være egnet til en induktivt opvarmet beholder, som i den foreliggende opfindelse. Som følge heraf vil et foretrukket anlæg til styring af strømmen af smeltet glas i den foreliggende opfindelse indbefatte ydre strømbegrænsningsorganer, som samvirker med den nedre ende af afløbsrøret. Et særligt fordelagtigt anlæg er det på tegningen viste, hvorved et strømliniet, dråbeformet element 50 er fastholdt kun lidt adskilt fra afløbsrøret 40, hvorved der tilvejebringes en ringformet åbning derimellem, hvorigennem flyder en strøm af smeltet glas. Ved at variere den vertikale placering af elementet 50, kan størrelsen af den ringformede åbning ændres, hvorved det smeltede glas's strømningshastighed styres. Strømningsstyringselementet 50 er fastholdt af en horisontalt forløbende arm 51, som igen er fastgjort på placeringsstyrende organer 52, som på egnet vis kunne være et værkstedsfræsebord eller lignende, fortrinsvis

35

0

med en indstilling i tre dimensioner. For til stadighed at tilvejebringe en sammenhængende glasstrøm er strøm-
ningsstyringsindretningen således udformet, at den fremmer
konvergerende strømningsmønstre. Det smeltede glas, som
5 flyder omkring elementet 50, løber igen sammen til en
enkelt strøm ved at flyde langs de konvergerende flader
på den nedre del af elementet. Yderligere kan den del af
armen 51, som er placeret i strømmende af smeltet glas,
være omvendt dråbeformet, som vist i fig. 4, idet armen
10 har en nedadgående hældning i længderetningen, som skal
forhindre vandring af smeltet glas på armen. Således ud-
formede vil indretningen tilvejebringe minimal forstyr-
relse af strømningslinierne i det flydende glas. Indret-
ningen kan tilvejebringe positiv strømningsstyring inden-
15 for stort område fra egentlig aflukning i den øverste stil-
ling til en hovedsagelig helt åben indstilling, når den
er sænket få cm under afløbsrøret. Det skal bemærkes, at
udtrykket "dråbeformet", således som det anvendes heri,
ikke er begrænset til en nøje definition af udtrykket,
20 men indbefatter en stor variation af strømlinede former,
som spidser til således, at der tilvejebringes et snævert
stykke ved bunden. For at lette fremstillingen tilveje-
bringes dråbeformen fortrinsvis ved sammensætning af en
kegle og en halvkugle. Andre variationer kan indbefatte
25 ikke cirkulære horisontale tværsnit eller ikke-sfæriske
øverste dele. Henset til berøring med smeltet glas frem-
stilles det dråbeformede element 50 og armen 51 fortrins-
vis af molybdæn belagt med en platin-rhodium-legering.
Det overvejes, om ikke kernen kunne tilvejebringes i
30 mindre ædelt metal eller molybdæn, eller endog af et
keramisk, ildfast materiale belagt med ædelt metal og om
nødvendigt udformet med indre køleorganer.

Et skematisk diagram af det elektriske system
i induktionsvarmeovnen er vist i fig. 5. En typisk indu-
35 stristrømforsyning med trefaset 60 Hz vekselstrøm er for-
bundet med en inverter 60, som overfører et enkeltfaset

0 højfrekvensudgangssignal til en transformator 61. Trans-
 formatoren 61 er med fordel tilvejebragt med et antal
 udtag på sekundærsiden således, at spændingen til induk-
 tionsspolen 11 kan ændres i egnet omfang. Induktionsspolen
 5 11 er forbundet med transformatoren 61's sekundære side
 i parallel med en kondensator 62. Ved kondensatoren 62
 og spolen 11 tilvejebringes et resonanskredsløb med en
 høj frekvens og stor strømstyrke, idet der således kan
 anvendes et lille antal vindinger på induktionsspolen,
 10 eksempelvis én. Den høje strømstyrke tilvejebringer høj
 magnetiske flux på trods af det lille antal vindinger på
 spolen, hvorved spolen er tilvejebragt med en væsentlig
 induktion. Alternativt kunne den magnetiske flux forøges
 ved at forøge antallet af vindinger på spolen, men her-
 15 til ville udkræves større spænding, hvilket på ufordelag-
 tig vis ville pålægge begrænsninger på arten af invertere,
 som kunne anvendes. Med frekvenser på op til 10 kHz kan
 der anvendes faststofinvertere med ret stor omsætnings-
 virkningsgrad og til lave priser. Almindeligvis ville et
 20 antal kondensatorer i indbyrdes parallelforbindelse bli-
 ve anvendt til tilvejebringelse af den udpegede, samlede
 kapacitet. Resonanskredsløbets frekvens og kapacitet er
 indbyrdes afhængige efter følgende ligning:

$$25 \quad f = 1/[2\pi(LC)]^{1/2}$$

hvor:

f = resonansfrekvensen (Hz),

L = spolens selvinduktion (Henry),

C = kapacitet (Farad).

30 Andre beregninger for induktionsopvarmningsspoler
 er omtalt i American Institute of Electrical Engineers
 Transactions, bind 76, 2. del, 1957, R. M. Baker, side
 31-40.

35 I fig. 6 er vist en udformning af kondensatoren
 62, som i dette tilfælde er en vandkølet kondensator for-
 bundet tværs over induktionsspolen 11's ben. I denne ud-

0

formning, er kondensatoren 62 én af flere, som kan være monteret den ene over den anden i en lodret række over induktionsspølsens gab. På hver side af gabet i induktionsspølen 11 er der tilvejebragt radialt forløbende ben 70 og 71 på de ydre ender af flangerne hhv. 72 og 73, hvortil kondensatorerne 62 er fastgjorte. Forbindelsesindretninger 74 med gevind på den ene side af hver kondensator er forbundet med den ene elektrode på kondensatoren og er forbundet med flangen 72 på den ene side af spølen, og forbindelsesindretninger 75 på den anden side af kondensatoren er forbundne med den modsatte elektrode på kondensatoren og er forbundne med flangen 73 på den anden side af induktionsspølen. Forbindelsesindretningerne 74 og 75 er rørformede og er forbundne med køleslanger 76, som fremføre kølemiddel til de indre køleorganer i hver kondensator 62. Benene 70 og 71 på induktionsspølen er elektrisk indbyrdes isolerede ved en isolerende plade 77. Eftersom den cylindriske induktionsspøle 11 virker ved fastholdelse af den ildfaste beholder, er den sammenspændt ved bolte 78, som presser benene 70 og 71 mod hinanden. Isolations-skiver 79 kan være tilvejebragt omkring boltene 78 til sikring af den elektriske isolering af benene indbyrdes. På tilsvarende vis er spølsens 2 halve cylinderskaller på den anden side af spølen boltet sammen med en ledende plade 80 mellem de radialt forløbende flanger 81 og 82. Den tomme beholder er oprindelig opvarmet ved hjælpevarmeorganer uden spænding på induktionsspølen. Efterhånden som den ildfaste del af beholderen udvider sig ved opvarmningen løsnes den ved den cylindriske spøle 11 tilvejebragte sammentrykningsspænding ved at forstørre gabene mellem de halve cylinderskaller ved at løsne boltene på enten den ene eller på begge samlingsstederne derimellem. Oprindelig kan benene 70 og 71 og flangerne 81 og 82 have været i berøring med hinanden, og pladerne 77 og 80 indsættes først efter at beholderen er blevet forud opvarmet til operationstemperaturen. Herefter kan strømmen påtrykkes spølen.

35

0

Modstanden i smeltet glas varierer med temperaturen, men en karakteristisk størrelse ligger på 6 til 14 ohm-cm, hvilket er højt i forhold til materialer, som sædvanligvis underkastes induktiv opvarmning. Dette er fordelagtigt ved udformningen af et induktiv opvarmnings-system til glassmeltning. Strømindtrængningsdybden i det materiale, som opvarmes, er en nøglefaktor ved udformningen af et induktivt opvarmningssystem. Det er i almindelighed anbefalet, at diameteren af det materiale, som skal opvarmes, er omkring tre gange strømindtrængningsdybden, (jfr. eksempelvis UK-patentskrift nr. 1.430.382), men ved glassmeltning er det blevet erkendt, at induktiv opvarmning med størst nyttevirkning kan overføres til et legeme af smeltet glas, hvis diameter er lig med eller mindre end strømindtrængningsdybden. Strømindtrængningsdybden for glas kan beregnes som nedenfor anført:

10

15

$$d = 5033 (\rho/f)^{1/2}$$

hvor:

20

d = strømindtrængningsdybden i cm,

ρ = modstand i ohm cm,

f = frekvens i hertz.

25

30

Det har hidindtil været antaget, at induktiv opvarmning af glas kun kunne tilvejebringes med en stor spole eller med meget høje frekvenser, hvilke faktorer hver for sig gjorde en sådan opvarmningsform økonomisk lidet tiltrækkende. Det lave forhold mellem arbejdsdiameter og strømindtrængningsdybde bevirker imidlertid nu, at beholderen til glas kan være relativ lille i opbygningen og dog tilvejebringe en kraftoverføring med god nyttevirkning til glasset, samt at relativt lave frekvenser kan virke ved varmeoverføringen (f.eks. mindre end 10 kHz). Øges beholderens størrelse, kan frekvensen yderligere nedsættes.

35

Visse teoretiske aspekter i tilknytning til induktiv opvarmning af smeltet glas er nærmere omtalt i

0 Glass Technology, bind 14, nr. 5, oktober 1973, B. Scott
og H. Rawson, side 115-124.

En hensigtsmæssig regel ved udformning af induk-
tionsspoler er, at længden af spolen skal være lig med
5 eller større end dens diameter, og denne regel er erkendt
også at være egnet ved den foreliggende opfindelse. En
effektiv overføring af kraft til den smeltede masse er
tilvejebragt med en spolelængde, som er lig med dens dia-
meter, men en overføring af kraft med større nyttevirkning
10 kan tilvejebringes med en større spolelængde. Den indven-
dige diameter i den varmebestandige beholder udpeges ud-
fra materiale gennemgangshastigheder og nødvendig opbeva-
ringstid. Den sammensatte opbygning af beholdervæggen, som
er beskrevet tidligere, tilvejebringer en tæt opbevaring
15 af den smeltede masse og afgrænser den udvendige diameter
på beholderen, hvilket i virkeligheden er det samme som
induktionsspøls diameter. Ved at gøre forskellen mellem
beholderens indre diameter og spøls diameter så lille
som mulig tilvejebringes fordele derved, at den magnetis-
20 ke flux virker mere effektivt ved strøminduktion i den
smeltede masse, hvorved en spole med en enkelt vinding
kan virke med praktiske strømstyrker. For et givet volu-
men vil det i almindelighed være fordelagtigt at gøre høj-
den af beholderen så lille som muligt, således at det
25 areal, hvorigennem der tabes varme gennem væggene, er
så lille som muligt. Højden af beholderen vil i alminde-
lighed omtrent modsvare spolelængden således, at det ma-
teriale, som opvarmes i området med maksimal magnetisk
flux er afgrænset. Det må foretrækkes, at den smeltede
30 masse er tilvejebragt med yderligere dybde en smule oven-
over og nedenunder spolen. Ved smeltning af glas er det i-
sær fordelagtigt at tilvejebringe yderligere dybde under
spolen for tilvejebringelse af en vis opbevaringstid for
det smeltede glas, efter at det har passeret den højeste
35 temperatur indenfor spoleområdet, og før glasset løber ud
af beholderen. Denne yderligere opbevaringstid er fordel-

agtig ved at bobler kan fjernes fra den smeltede masse, og i visse tilfælde ved at glasset afkøles til en temperatur, som er mere egnet til den formningsproces, hvortil det smeltede glas tilvejebringes. En opbevaringstid på 5 ca. én time under spolen er blevet registreret som fordelagtig. I forhold til opbygningen betyder dette, at den indvendige dybde af beholderen under spolen skal være af en størrelsesorden på mindst halvdelen af spolediameteren.

Der kan kun tilvejebringes inducerede strømme af 10 en væsentlig størrelse i glas ved forhøjede temperaturer. Eksempelvis kan der tilvejebringes inducerede strømme i soda-kalk-siliciumglas ved egnede spændinger over 2200°F (1200°C). Derfor iværksættes den induktive opvarmningsproces ved tilvejebringelse af glas, som er smeltet ved hjæl- 15 peopvarmningsorganer. Det foretrækkes at gøre glasproduktionsmaterialet flydende i et særligt trin og at overføre det flydende materiale til induktionsvarmeovnen ved en temperatur, hvor der kan tilvejebringes strømme i materialet. I så tilfælde virker induktionsvarmeovnen ved at forøge 20 temperaturen i glasset således, at smelteprocessen gøres færdig, og i særdeleshed, ved at rense glasset, dvs. ved at frigøre gasarter, som har været indesluttet i den smeltede masse. For et glas af soda-kalk-silicium i planglaskvalitet indtræder rensningen typisk ved en temperatur på mindst 25 2600°F (1425°C). Forskellige materialer kan blive flydende ved forskellige temperaturer, men soda-kalk-siliciumglas bliver typisk flydende og skal overføres til induktionsvarmeovnen ved en temperatur på ca. 2200°F (1200°C) til ca. 2400°F (1315°C), ved hvilken temperatur kan induceres strømme i 30 materialet.

Svovlsammensætninger, sædvanligvis natriumsulfat ("salt cake") tilføres sædvanligvis glasproduktionsmaterialer som egnet ved smeltning og rensning. Eftersom svovlforbindelsernes nedbrydningsprodukter er meget flygtige, 35 er svovlforbindelserne blevet tilført glasproduktionsmaterialerne i størrelser, som ligger betydeligt over de

0 størrelser, som er teoretisk nødvendige, således at noget
svovl er tilbage i de tidlige smeltningstrin, og det er
fortsat tilvejebragt i den smeltede masse, hvor det vir-
ker under rensningstrinet. Eftersom svovlforbindelserne
5 nedbrydes til luftformige stoffer, er disse forbindelser
en væsentlig kilde til uønskede udskillelser fra en glas-
smeltning. Derfor er mængden af svovl, som anvendes ved
glasfremstilling, søgt nedbragt til et minimum gennem de
senere år. Det er en fordel, at glasmassen kan smeltes
10 og renses ved det ved den foreliggende opfindelse tilveje-
bragte anlæg uden brug af svovltilsætninger til produk-
tionsmaterialerne. Det antages dog, at det er fordelag-
tigt med en vis mængde svovl under rensningsprocessen, og
det er blevet registreret, at der ved den foreliggende
15 opfindelse, når der arbejdes med en totrins smeltning-
og rensningsproces kan tilvejebringes en tilbageholdelse
af en stor procentdel af svovlindholdet i den smeltede
masse således, at det er til stede under rensningstrinet.
Det antages, at der, på grund af den hastighed, hvormed
20 produktionsmaterialet kan gøres flydende i et særligt smelt-
ningstrin, tabes mindre svovl ved afdampning, og der over-
føres mere svovl til rensningsbeholderen. Derfor kan selv
en lille svovltilsætning til produktionsmaterialerne til-
vejebringe fordelene af rensning med svovl. Det er blevet
25 vist, at tre vægtdele eller mindre af "salt cake" pr.
1000 vægtdele sand i produktionsmaterialerne kan tilveje-
bringe væsentlige svovlmængder i den induktivt opvarmede
rensningszone, som er tilvejebragt ved den foreliggende
opfindelse. På den anden side har det vist sig, at "salt
30 cake" i mængder større end 3 vægtdele pr. 1000 vægtdele
sand kan tilvejebringe voldsom opskumning i den induk-
tivt opvarmede beholder. To dele "salt cake" pr. 1000
dele sand må foretrækkes.

Et tilledningsorgan, som f.eks. et vandkølet til-
35 ledningsrør 90 i fig. 1, kan efter udpegning være tilveje-
bragt i bunden af den induktivt opvarmede beholder. Et

0

sådan tilledningsorgan kan virke ved tilvejebringelse af større cirkulation af varmere smeltet masse ind i de køligere nedre områder, for således at forhindre uegnet afkøling i det nedre område, hvilket på sin side kunne frembringe en uacceptabel nedsættelse af afløbshastigheden gennem røret 40.

EKSEMPEL

I ét hovedsagelig som på tegningen vist kar behandles 10 tons (9.000 kg) pr. dag af soda-kalk-siliciumglas på egnet vis. Induktionsspolen havde en diameter og en højde på 60 inch (1,5 m), med bunden af spolen 40 inch (1 m) over bunden af den ildfaste beholder. Det smeltede materiales overflade i beholderen lå til stadighed ca. 4 inch (10 cm) over induktionsspølsens øverste del. Det inderste lag af ildfast materiale var Citeron AZS, som markedsføres af Combustion Engineering Company, hvilket materiale var tilvejebragt med en tykkelse på 10 inch (25 cm). Det yderste ildfaste lag var Finsulation, et ildfast materiale af ler med lav densitet, hvilket materiale markedsføres af Findley Refractories Company, og dette materiale var tilvejebragt i en tykkelse af 2 inch (5 cm). Det ydre ildfaste materiales varmeledningsevne under operativ forhold anslås til at være ca. 1/10 af det indre ildfaste materiales varmeledningsevne. Spolen var tilvejebragt i 1/4 inch (6 mm) tykt kobber. Glasproduktionsmaterialet blev forsmeltet og overført til den induktivt opvarmede beholder ved en temperatur på ca. 2300°F (1260°C), og inden i det af spolen omgivende område opnåedes maksimale temperaturer på ca. 2800°F (1540°C). I området under spolen faldt glastemperaturen til ca. 2600°F (1425°C) før glasmassen blev fjernet fra beholderen. Når operationen var stabiliseret tilførtes til spolen ca. 110 kW ved en effektiv spænding på 650 V ved en frekvens på 9,6 kHz.

0

For at forklare den foreliggende opfindelse har ovenstående detaljerede beskrivelse henvist til særlige udførelsesformer, men det vil være åbenbart for fagfolk på området, at andre modifikationer og variationer er kendte, idet det er ansøgernes hensigt ved deres patentkrav at dække alle de ændringer og modifikationer, der kan foretages af de udførelsesformer af opfindelsen, som heri er valgt med det formål at forklare opfindelsen, uden at afvige fra dennes ånd og omfang.

10

15

20

25

30

35

P a t e n t k r a v .

1. Fremgangsmåde til smeltning af materiale ved at tilføre en strøm af pulveriseret materiale til en afsmeltningsovn, hvor materialet er placeret på en hældende flade, og hvor det bringes i flydende tilstand ved en indledende strålevarmeoverføring, hvorefter det flydende materiale kontinuerligt overføres fra afsmeltningsovn (1) til det andet trin af opvarmningen, hvori en charge af flydende materiale opvarmes til forøgelse af temperaturen, og hvorfra foregår en kontinuerlig fjernelse af det flydende materiale, og hvor den største del af den termiske energi til smeltning overføres til materialet, før dette ledes ind i ovnen (1) til andet trins opvarmning, k e n d e t e g - n e t ved, at et elektromagnetisk vekselfelt påtrykkes det flydende materiale i beholderen (3) i varmeovnen (1) således, at der induceres elektriske strømme med en frekvens, som ikke overstiger 10 kHz, i det flydende materiale.

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g - n e t ved, at det materiale, som bortledes fra afsmeltningsovn, indbefatter materialer til fremstilling af glas, og at det flydende materiale, som bortledes fra ovnen (1) til andet trins opvarmning, er smeltet glas.

3. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g - n e t ved, at temperaturstigningen i det flydende materiale tilvejebringes i et første område (4) i beholderen (3) i andet trins varmeovnen (1), hvorefter det flydende materiale overføres til et andet område (5) i beholderen (3), hvor materialet forbliver i en tidsperiode uden yderligere temperaturstigning.

4. Fremgangsmåde ifølge krav 3, k e n d e t e g - n e t ved, at temperaturen i det flydende materiale falder i det andet område (5).

5. Fremgangsmåde ifølge krav 3, k e n d e t e g - n e t ved, at det flydende materiale opbevares i tilstrækkelig lang tid i det andet område (5) til at luftformede urenheder kan undslippe fra det flydende materiale.

6. Fremgangsmåde ifølge krav 3, k e n d e t e g -
n e t ved, at det tidsrum, hvori det flydende materiale
forbliver i det andet område (5) i gennemsnit er mindst én
time.

5 7. Fremgangsmåde ifølge krav 2, k e n d e t e g -
n e t ved, at det flydende glasproduktionsmateriale over-
føres til beholderen (3) i ovnen (1) ved en temperatur på
2200-2400°F (1200-1320°C).

8. Fremgangsmåde ifølge krav 2, k e n d e t e g -
10 n e t ved, at det flydende glasproduktionsmateriales tempe-
ratur i beholderen (3) i ovnen (1) forøges til 2600-2800°F
(1420-1540°C).

9. Fremgangsmåde ifølge krav 2, k e n d e t e g -
n e t ved, at det pulverformede materiale indbefatter
15 glasproduktionsmaterialer med et svovlindhold på ikke mere
end 4 vægtdele pr. 1000 vægtdele sand.

10. Apparat til smeltning af materialer indbefattende
en afsmeltningsovn med organer for tilførsel af en strøm af
pulverformet materiale, en hældende flade indrettet til
20 modtagelse af den indkommende strøm og til bortledning af
flydende materiale fra afsmeltningsovnen, strålevarmeorganer
hvormed det pulverformede materiale, som ledes til afsmelt-
ningsovnen, bringes i flydende tilstand, og en varmeovn (1)
til andet trins opvarmning til afslutning af smelteprocessen,
25 idet denne varmeovn indbefatter en beholder (3), som er
indrettet til optagelse af flydende materiale, som ledes
fra afsmeltningsovnen, og som er forsynet med en indførsels-
åbning (23) i den øverste del af beholderen (3) og en afløbs-
åbning og et aktivt opvarmningsområde (4), k e n d e t e g -
30 n e t ved, at afløbsåbningen i beholderen (3) er placeret
i den nedre ende af beholderen (3) og er forsynet med strøm-
ningsbegrænsningsorganer, at beholderen (3) er udformet med
organer (10,61,62) til påtrykning af et elektromagnetisk
vekselfelt med en frekvens på ikke mere end ca. 10 kHz,
35 hvilke organer indbefatter en induktionsspole (10), som
omgiver det aktive opvarmningsområde (4), til overføring af

et elektromagnetisk vekselfelt til det flydende materiale i beholderen (3) i varmeovnen (1) således, at temperaturen i det flydende materiale forøges.

11. Apparat ifølge krav 10, k e n d e t e g n e t ved, at et andet område (5) er tilvejebragt under det aktive opvarmningsområde (4) i beholderen (3), hvilket område passerer af det smeltede materiale for tilvejebringelse af tilstrækkelig tid til ophold i beholderen (3).

12. Apparat ifølge krav 10, k e n d e t e g n e t ved, at afløbsåbningen er tilvejebragt med åbningsorganer til overføring af en strøm af flydende materiale fra beholderen (3) i ovnen (1) ved det flydende materiales tryk, hvilket åbningsorgan indbefatter et rørformet organ (40), som er ført igennem en væg i beholderen (3) med en indre åbning inden i beholderen (3) og med en ydre åbning uden for beholderen (3), og strømningsbegrænsningsorganer, som samvirker med den ydre åbning til regulering af strømningshastigheden i det flydende materiale fra beholderen (3), hvilke strømningsbegrænsningsorganer indbefatter et løgformet organ (50), som vertikal ligger på linie med den ydre åbning, med nedadtil konvergerende overflader i den nederste del og en støttearm (51), som forløber fra den ene side af det løgformede organ (50), hvilken arm (51) er udformet med et stykke, som ligger op imod det løgformede organ (50), og som nedadtil hælder mod det løgformede organ (50), og organer (52) i indgreb med armen (51) til indstilling af armens (51) og det løgformede organs (50) højde.

13. Apparat ifølge krav 12, k e n d e t e g n e t ved, at det løgformede organ (50) er udformet med en overflade af ildfast metal.

14. Apparat ifølge krav 13, k e n d e t e g n e t ved, at overfladen på det løgformede organ (50) er udformet i platin eller en legering heraf.

15. Apparat ifølge krav 10, k e n d e t e g n e t ved, at induktionsspolen (10) er udformet med en enkelt vinding, som består af to halve cylindre (11,12).

16. Apparat ifølge krav 10, k e n d e t e g n e t ved, at i det mindste det aktive opvarmningsområde (4) i beholderen (3) er udformet med et antal keramiske ildfaste blokke (20).

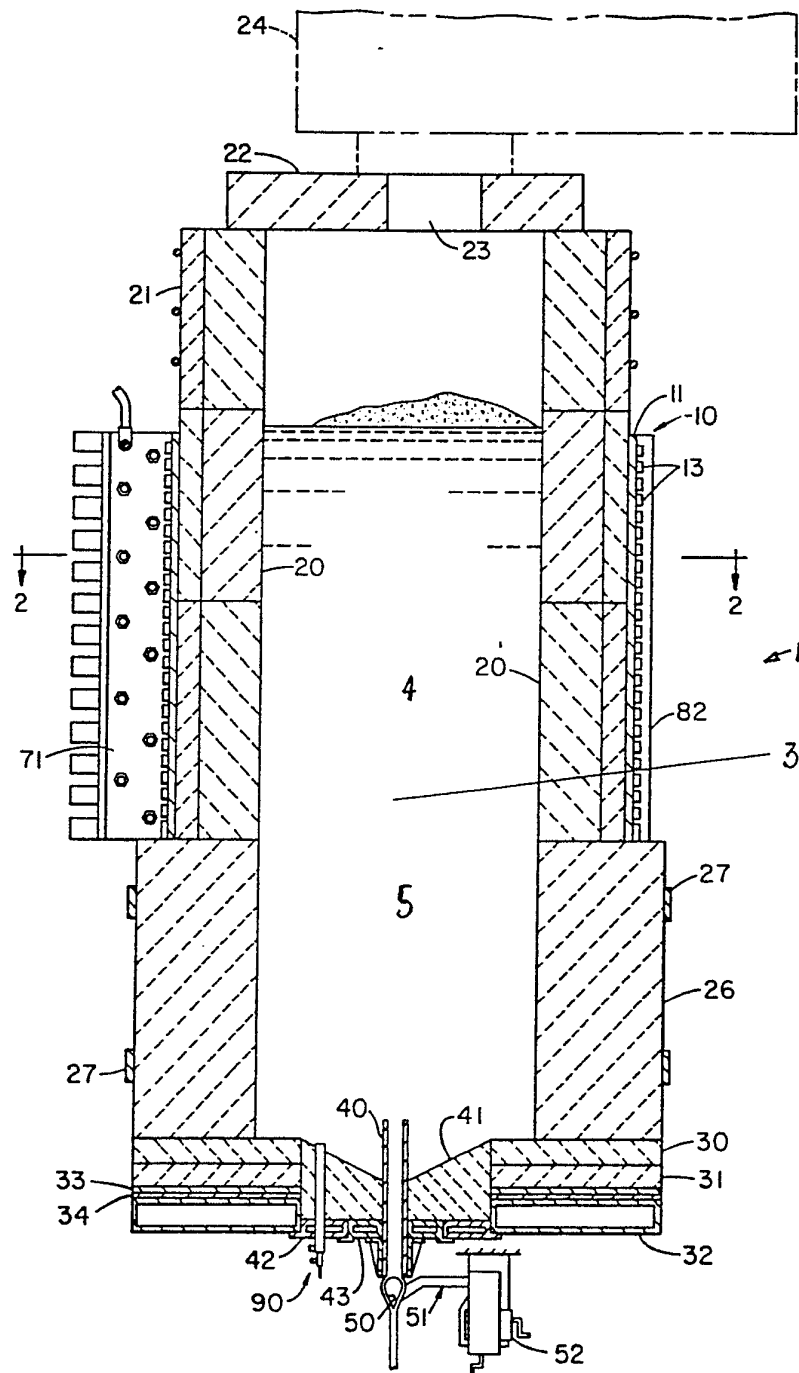


FIG. 1

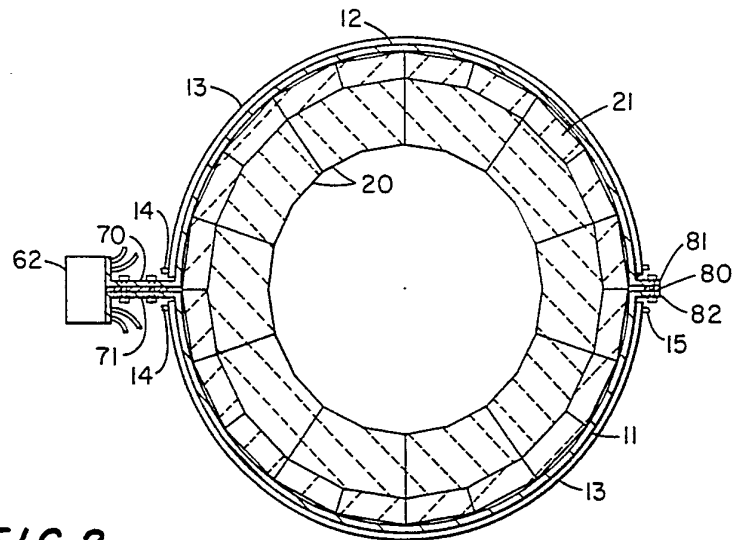


FIG. 2

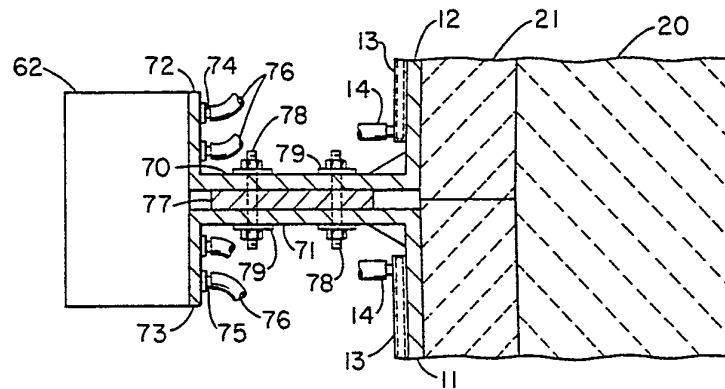


FIG. 6

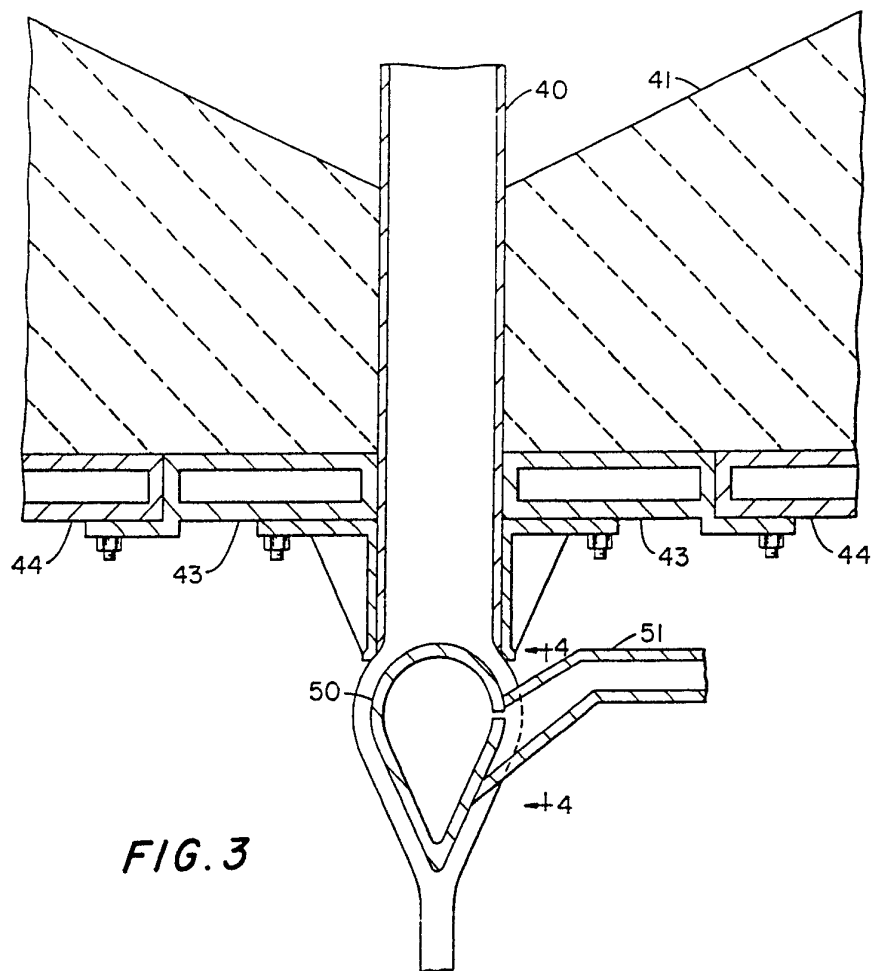


FIG. 3

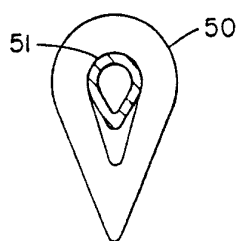


FIG. 4

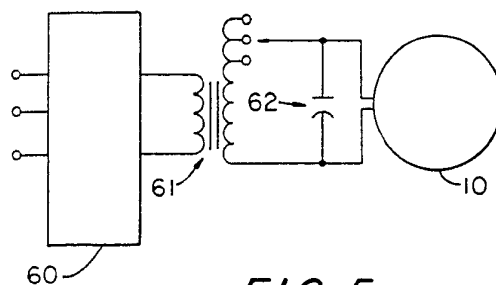


FIG. 5