



NORGE

(12) PATENT

(19) NO

(11) 312202

(13) B1

(51) Int Cl⁷ C 22 B 9/05, 21/06

Patentstyret

(21) Søknadsnr	19963250	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	1995.02.03, PCT/CA95/00049
(22) Inng. dag	1996.08.02	(85) Videreføringsdag	1996.08.02
(24) Løpedag	1995.02.03	(30) Prioritet	1994.02.04, US, 191635
(41) Alm. tilgj.	1996.10.04		
(45) Meddelt dato	2002.04.08		

(71) Patenthaver	Alcan International Ltd, 1188 Sherbrooke Street West, Montréal, QC H3A 3G2, CA
(72) Oppfinner	Peter D. Waite, Chicoutimi, QC, CA Robert Dumont, Cap de la Madeleine, QC, CA
(74) Fullmektig	Oslo Patentkontor AS, 0306 Oslo

(54) Benevnelse **Gassbehandling av smeltede metaller**

(56) Anførte publikasjoner Ingen

(57) Sammendrag

En fremgangsmåte og et apparat for å behandle smeltet metall for å oppnå effektiv fjerning av slike uønskede urenheter som gasser, alkalimetaller, medførte faststoffer og lignende. Fremgangsmåten omfatter å innføre smeltet metall i et trau, såsom det trau som er anordnet mellom en smelteovn og en støpemaskin, tilveiebringe i det minste én mekanisk bevegelig gassinjektor neddykket i metallet i trauet og injisere en gass i metallet i en del av trauet som danner en behandlingssone gjennom injektoren(e) for å danne gassbobler i metallet samtidig med at injektoren(e) beveges mekanisk for å minimalisere boblestørrelse og maksimalisere fordelingen av gassen i metallet. Injektorene blir fortrinnsvis rotert og omfatter et rotorlegeme som har en sylindrisk sideflate og en bunnflate, i det minste tre åpninger i sideflaten anordnet symmetrisk rundt rotorlegemet, i det minste én åpning i bunnflaten, og i det minste én indre passasje for gasslevering og en indre struktur for innbyrdes å forbinde åpningene i sideflaten, åpningene i bunnflaten og den indre passasje. Den indre struktur er innrettet til å bevirke at gassbobler som strømmer ut fra den indre passasje brytes opp i finere bobler og å bevirke at en blanding av metall og gass strømmer ut fra åpningene i sideflaten på en hovedsakelig horisontal og radial måte.

TEKNISK FELT

Oppfinnelsen vedrører en fremgangsmåte og apparat for behandling av smeltede metaller med en gass før støping eller andre prosesser som omfatter kjøling og størkning. Mer spesielt vedrører oppfinnelsen behandling av smeltede metaller på denne måte for å fjerne oppløste gasser (spesielt hydrogen), ikke-metalliske faste innleiringer og uønskede metalliske urenheter før kjøling og størkning av metallet.

TEKNIKKENS STAND

- 10 Når mange smeltede metaller brukes for støping og lignende prosesser, må de underkastes en forbehandling for å fjerne uønskede bestanddeler som kan påvirke de fysiske eller kjemiske egenskaper av det resulterende støpeprodukt negativt.
- For eksempel inneholder smeltet aluminium og aluminiumlegeringer avledet fra aluminiumoksydreduksjonsceller eller metallholdeovner vanligvis oppløst hydrogen, faste ikke-metalliske innleiringer (f.eks. TiB_2 , aluminium/magnesiumoksider, aluminiumkarbider, m.v.) og forskjellige reaktive elementer (f.eks. alkalimetaller og alkaliske jordarters metaller). Det oppløste hydrogen kommer ut av oppløsningen etter hvert som metallet kjøles og danner uønsket porøsitet i produktet. Ikke-metalliske faste innleiringer reduserer metallrenheten, og de reaktive elementer og innleiringer danner uønskede metallegenskaper.
- 25 Disse uønskede bestanddeler fjernes normalt fra smeltede metaller ved innføring av en gass under metalloverflaten ved hjelp av gassinjektorer. Etter hvert som de resulterende gassbobler stiger gjennom massen av smeltet metall, adsorberer de gasser oppløst i metallet og fjerner dem fra smelten.
- 30 I tillegg vil ikke-metalliske faste partikler flotteres til overflaten som følge av bobler og kan skummes av. Dersom gassen som brukes for dette formål er reaktiv omdannes til forbindelser ved kjemisk reaksjon og fjernes fra smelten på samme måte som de tilstedeværende faststoffer eller ved væs-

ke-væske-separasjon.

Denne prosess blir ofte referert til som "metallavgassing", selv om det vil forstås av ovenstående beskrivelse at den kan brukes til mer enn akkurat avgassing av metaller. Pro-
5 sessen utføres vanligvis på en av følgende to måter: I oven, vanligvis ved å benytte ett eller flere statiske gassinjeksjonsrør; eller in-line ved å føre metallet gjennom en kasse anbrakt i trauret som vanligvis er anordnet mellom en holdeovn og støpemaskinen slik at mer effektive gassinjekto-
10 rer kan benyttes. I det første tilfelle er prosessen ineffektiv og tidkrevende fordi det dannes store gassbobler, noe som fører til dårlig kontakt mellom gass og metall, dårlig metallomrøring, og høy overflateturbulens og spruting. Resultatet av overflateturbulensen er drossdannelse og metall-
15 tap, og dårlig metallomrøring resulterer i noe ubehandlet metall. Den andre metode (som benyttet i forskjellige for tiden tilgjengelige enheter) er mer effektiv når det gjelder innføring og bruk av gassen. Dette skyldes dels at in-line-metoden fungerer som en kontinuerlig prosess istedenfor en
20 satsprosess.

For at in-line-behandling skal virke effektivt, må gassboblene være i kontakt med smelten i en tilstrekkelig tidsperiode, og dette oppnås ved å tilveiebringe en egnet dybde av smeltet metall over injeksjonspunktet for gassen og ved å
25 tilveiebringe en innretning for å bryte gassen opp i mindre bobler og dispergere de mindre bobler mer effektivt i metallvolumet, f.eks. ved hjelp av roterende dispergerere eller andre mekaniske eller ikke-mekaniske anordninger. Oppholdstider på over 200 sekunder og ofte over 300 sekunder er
30 nødvendig i avgassere av denne type for å oppnå tilfredsstillende resultater. Effektiviteten defineres ofte i form av hydrogenavgassingsreaksjonen for aluminiumslegeringer, og en tilstrekkelig reaksjon er vanligvis ansett for å være i det minste 50% hydrogenfjerning (typisk 50 til 60%). Dette
35 resulterer i et behov for dype behandlingsskasser med stort volum (som ofte inneholder tre eller flere tonn metall), som

uheldigvis ikke er selvtømmende når metallbehandlingsprosessen avsluttes. Dette gir i sin tur opphav til driftsproblemer og danner spill fordi metall blir værende igjen i behandlingskassene når støpeprosessen stoppes av en eller annen grunn og størkner i kassene hvis det ikke fjernes eller holdes smeltet av varmeanordninger. Dersom metallene eller legeringene som behandles endres fra tid til annen, vil videre reservoaret av foregående metall eller legering i kassen (med mindre den kan tippes og tømmes) på uheldig måte påvirke sammensetningen av neste metall eller legering som føres gjennom kassen inntil beholdningen av det foregående metall er uttynnet. Forskjellige konvensjonelle behandlingsskasser er i bruk, men disse krever plasskrevende og dyrt utstyr for å overvinne disse problemer, f.eks. ved å gjøre kassen tippbar for å fjerne metallet og/eller ved å tilveiebringe varmeanordninger for å holde metallet smeltet. En konsekvens av dette er at det konvensjonelle utstyr er dyrt og opptar betydelig plass i metallbehandlingsanlegget. Prosesser og utstyr av denne type er f.eks. beskrevet i US patenter 3.839.019 og 3.849.119 utstedt til Bruno mfl., US patenter 3.743.263 og 3.870.511 utstedt til Szekeley, US patent nr. 4.426.068 utstedt til Gimond mfl., og US patent 4.443.004 utstedt til Hicter mfl. Moderne avgassere av denne type bruker vanligvis mindre enn én liter gass pr. kg behandlet metall. Til tross for omfattende utvikling av dispergerere for å oppnå bedre blandeeffekt, er slikt utstyr fortsatt stort og krever metallinnhold på i det minste 0,4 m³ og ofte 1,5 m³ eller mer. En eller flere dispergerere så som de forannevnte roterende dispergerere, kan benyttes, men for effektiv avgassing må minst 0,4 m³ metall omgi hver dispergerer under drift.

For å unngå problemer forbundet med dype behandlingsskasser, har det vært gjort flere forsøk på metallbehandling i grunne beholdere, så som trauret som normalt er anordnet mellom en metallholdeovn og en støpemaskin. Dette gir en beholder som kan tømmes fullstendig etter bruk og således unngås noen av de problemer som følger med dype kassebehandlingssenheter.

Vanskeligheten er at dette nødvendigvis vil kreve reduksjon av metalldybden over punktet for gassinjeksjon, samtidig med at effektive kontakttider mellom gass og metall tillates. Bruk av gassdiffusjonsplater eller lignende anordninger i bunnen av slike grunne beholdere eller trau har vært foreslått for å innføre gassen og danne den nødvendige kontakt mellom gass og metall. Disse er f.eks. beskrevet i US patent 4.290.590 utstedt til Montgrain og US patent 4.714.494 utstedt til Eckert. Imidlertid vil boblene som dannes på denne måte fortsatt ha en tendens til å være for store, og på grunn av den reduserte metalldybde må slike kar eller trau nødvendigvis gjøres uønskelig lange for å oppnå effektiv avgassing, og det innførte gassvolum må gjøres ganske høyt (vanligvis over 2 l/kg). Et resultat av dette er at apparatet opptar mye gulvplass og at det innførte gassvolum danner risiko for avkjøling av metallet slik at det kan være nødvendig å tilveiebringe kompensierende varmeanordninger. Slike trauavgassere kan tømmes, men på grunn av stor boblestørrelse krever de likevel lang oppholdstid for effektivt å behandle metallet til samme grad av effekt som oppnådd i andre in-line-metoder. Dertil resulterer innføring av store gassbobler i et grunt metallvolum i vidtgående overflateturbulens og spruting. Dette fører til at avgassing i grunne trau vanligvis ikke utføres i industriell skala.

Det er således et behov for en metallbehandlingsmetode og et apparat som gir effektiv behandling i løpet av korte tidsperioder, med tilsvarende små metallvolumer og med lavt gassforbruk. Slike prosesser og apparater ville da kunne benyttes i metalleveringstrau med alle de fordeler ved slike anordninger som er angitt ovenfor, men uten problemene med høyt gassforbruk eller med de angitte plassbegrensninger.

SAMMENFATNING AV OPPFINNELSEN

Et formål med oppfinnelsen er å gjøre det mulig å utføre gassbehandling av smeltet metall på en effektiv måte i løpet av korte tidsperioder og med tilsvarende små volumer ved

bruk av relativt små mengder behandlingsgass.

Et annet formål med oppfinnelsen er å tilveiebringe en fremgangsmåte og et apparat for gassbehandling av smeltet metall som kan utføres i små metallvolumer, og spesielt i metall i
5 metalleveringstrau eller lignende anordninger.

Et ytterligere formål med oppfinnelsen er å tilveiebringe et mekanisk gassinjeksjonssystem som virker i et lite metallvolum, slik det finnes i metalleveringstrau eller lignende anordninger for å oppnå effektiv gassbehandling.

10 Et annet formål med oppfinnelsen, i det minste i dens foretrukne aspekter, er å tilveiebringe en fremgangsmåte og et apparat for gassbehandling av smeltet metall som tillater at metallet kan tømmes hovedsakelig fullstendig fra behandlingssonen etter fullført behandling.

15 Enda et formål med oppfinnelsen er å tilveiebringe en fremgangsmåte og et apparat for gassbehandling av smeltet metall som unngår nødvendigheten av metallvarmeanordninger og plasskrevende utstyr.

Disse og andre formål og fordeler ved foreliggende oppfinnelse vil fremgå av den følgende omtale. Oppfinnelsen er
20 nærmere definert i patentkravene.

Det har nå overraskende vist seg at det er mulig å benytte gassinjektorer i slike beholdere, f.eks. grunne trau. Spesielt er roterende gassinjektorer som danner en radial og
25 horisontal strømning av metall og fungerer ved en rotasjons-hastighet som er tilstrekkelig til å skjære gassboblene, vist seg å være effektive i slike anvendelser.

Det er et overraskende og uventet trekk ved denne oppfinnelse at det er mulig å benytte gassinjektorer på en slik måte
30 at gass dispergeres for å danne den nødvendige gassforsinkelse og det nødvendige overflateareal mellom gass og metall

innenfor begrensningene av behandlingssegmentet, og videre innenfor en trauseksjon. Tidligere kjente avgassingsmetoder oppnår generelt sett ikke de høye verdier for gassforsinkelse og overflateareal mellom gass og metall som er karakteristisk for foreliggende oppfinnelse. For å maksimalisere ytelsen, har tidligere kjente metoder videre benyttet seg av skjærdannelse og blandemetoder som har gitt betydelig spruting og turbulens, noe som har krevd bruk av behandlingssegmenter med betydelig større volum enn foreliggende oppfinnelse. De har derfor ikke kunnet oppnå det overordnede formål om effektiv avgassing i løpet av korte tidsperioder.

Foreliggende oppfinnelse gjør det mulig å behandle et smeltet metall med en gass ved bruk av en fortrinnsvis roterende gassinjektor samtidig med at det kun tilveiebringes en relativt liten dybde av metall over injeksjonspunktet for gassen og gjør det således mulig effektivt å behandle metaller inneholdt i små beholdere og spesielt i metalleveringstrau som vanligvis benyttes for å levere metall fra en holdeovn til en støpemaskin. Slike metalleveringstrau er vanligvis åpenendede, ildfast fôrede seksjoner, og selv om de kan variere svært i størrelse, er de vanligvis omtrent 15 til 50 cm dype og omtrent 10 til 40 cm brede. De kan vanligvis konstrueres slik at de renner fullstendig tomme når metalltilførselen avbrytes.

I det minste i sine foretrukne former gjør oppfinnelsen det mulig å oppnå gassbehandlingseffektiviteter på i det minste 50%, som målt i form av hydrogenfjerning fra aluminiumslegeringer, ved bruk av mindre enn 1 liter behandlingsgass pr. kg metall, og å oppnå reaksjonstider på mellom 20 og 90 sekunder, og ofte mellom 20 og 70 sekunder.

I en foretrukket form av oppfinnelsen tilveiebringes en metallbehandlingssone i et metalleveringstrau som inneholder én eller flere hovedsakelig sylindriske, raskt roterende gassinjeksjonsrotorer, som har i det minste én åpning i bunnen, i det minste tre åpninger symmetrisk anordnet rundt si-

dene, og en intern struktur slik at bunnåpningene og sideåpningene er forbundet ved hjelp av passasjer dannet av den interne struktur hvor smeltet metall fritt kan bevege seg; i det minste én gassinjeksjonsport som står i forbindelse med passasjen i den interne struktur for injeksjon av behandlingsgass i metallet i den interne struktur; idet den interne struktur bevirker at behandlingsgassen brytes opp i bobler og blandes med metallet i den interne struktur, og videre bevirker at metall-gass-blandingen strømmer fra sideåpningene i en radial og hovedsakelig horisontal retning. Det er videre foretrukket at hver rotor har en hovedsakelig jevn, kontinuerlig sylindrisk sideflate, bortsett fra i de posisjoner hvor sideåpningene er plassert, og at toppflaten er lukket og har form av en kontinuerlig plan eller stumpkjegleformet oppad avsmalnende flate, idet toppflaten og sideflatene derved møter hverandre ved en øvre skulder. Det er videre foretrukket at sideåpningene på overflaten sveiper et areal når rotoren roteres slik at arealet av åpningene i sideflaten ikke er større enn 60% av det sveipede areal.

Det er videre foretrukket at rotorene roteres med tilstrekkelig høy hastighet til å skjære gassboblene i de radiale og horisontale strømmer til mindre bobler, og spesielt at rotasjonshastigheten er tilstrekkelig til at tangentialhastigheten ved overflaten av rotorene er i det minste 2 m/sek på sideåpningenes sted. Hver rotor må være plassert i et spesielt geometrisk forhold til trauret, og fortrinnsvis med den øvre skulder av rotoren plassert i det minste 3 cm under overflaten av metallet i trauret og med bunnflaten plassert i det minste 0,5 cm fra bunnflaten av trauret. Det er også definert et behandlingssegment som omslutter rotoren og har et volum definert av en strekning langs trauret lik avstanden mellom traueggene ved metalloverflaten og et vertikalt tverrsnittsareal lik det vertikale tverrsnittsareal av metallet som inneholdes i trauret ved rotorens midtpunkt. I noen utførelser kan gassinjektorer, så som rotor, være plassert tilstrekkelig nær hverandre til at avstanden mellom injektorenes sentre er mindre enn avstanden mellom traueg-

- gene ved injektorens midtpunkt. Derfor kan behandlingssegmentvolumet ytterligere defineres som volumet definert av det vertikale tverrsnittsareal av metallet inneholdt i trauset ved gassinjektorens midtpunkt, multiplisert med den minste av avstanden mellom traueggene ved metalloverflaten og avstanden mellom sentrene av innbyrdes nærliggende gassinjektorer. Volumet av behandlingssegmentet antas å innbefatte volumet av det neddykkede parti av selve injektoren som ligger til grunn for definisjon av volumet. Rotoren og trauset forholder seg videre til hverandre ved det krav at metallvolumet i behandlingssegmentet ikke må overskride 0,20 m³ og aller helst ikke overskride 0,07 m³. Behandlingssegmentvolumet må imidlertid fortrinnsvis være minst 0,01 m³ for å gi riktig operasjon.
- 15 Når det benyttes til å behandle aluminium og dets legeringer, er behandlingssegmentet begrenset av det ekvivalente forhold at mengden av aluminium eller aluminiumslegering som inneholdes i behandlingssegmentet, ikke må overskride 470 kg og aller helst ikke overskride 165 kg.
- 20 De angitte volumbegrensninger for behandlingssegmentet danner en hydrodynamisk begrensning på beholderen og gassinjektorene ifølge oppfinnelsen. Den ovenfor beskrevne beholder kan innta enhver form som tilfredsstillende slike betingelser, men vil vanligvis ha form av en trauseksjon eller kanalseksjon. Hensiktsmessig kan denne trauseksjon ha de samme tverrsnittsdimensjoner som det metallurgiske traue som benyttes til å føre smeltet metall fra smelteovnen til støpemaskinen, men hvor forholdene tilsier det, kan trauset ha forskjellige dybder og bredder enn resten av det metallurgiske trausystem som benyttes. For å sikre at rotoren også befinner seg i riktig geometrisk forhold til trauset selv når dypere traueksjoner benyttes, må traueybden være begrenset, og denne begrensning kan måles ved hjelp av forholdet mellom statisk og dynamisk metallinnhold. Det dynamiske metallinnhold defineres som mengden av metall i behandlingssonen når gassinjektorene er i funksjon, mens det statiske metallinn-
- 35

hold defineres som mengden av metall som blir tilbake i behandlingssonen når metallkilden er blitt fjernet og metallet har fått renne naturlig vekk fra behandlingssonen. For å gi forønsket funksjon bør forholdet mellom statisk og dynamisk metallinnhold ikke overskride 50%. Ut fra andre betraktninger er det også klart at restmetall som forblir i trauret fortrinnsvis bør minimaliseres for å møte alle formål med oppfinnelsen, og derfor er det spesielt å foretrekke at forholdet mellom statisk og dynamisk metallinnhold er omtrent null. Der hvor den praktiske situasjon krever at forholdet mellom statisk og dynamisk innhold ikke er null, foretrekkes det at forholdet ikke overskrider 35%, noe som gjør at det gjenværende metall kan styrkne mellom støpningene og tillate relativt lett manuell fjerning av resten. Det er mest hensiktsmessig at trauret har motstående sider som er rette og parallelle, men andre geometrier, f.eks. krummede sidevegger, kan også benyttes i innbyrdes motstående forhold.

Behandlingssegmentet definerer antall gassinjektorer som er nødvendig for effektivt å møte oppfinnelsens formål når volumstrømningsmengden av metallet som skal behandles er kjent. Det er overraskende at selv om den totale størrelse av behandlingssonen kan være betydelig mindre ifølge oppfinnelsen enn i tidligere kjente in-line avgassere, kan antall gassinjektorer som er nødvendig i realiteten være høyere under visse forhold. Behandlingssegmentvolumet dividert med volumstrømningsmengden av metall som skal behandles, bør være mindre enn 70 sek. Den er fortrinnsvis mindre enn 35 sek for å sikre at hele metallvolumet er nær nok gassinjektoren til å sikre at effekten av gassinjeksjonen virker overalt i metallvolumet i løpet av den tid metallet befinner seg nær injektoren. Behandling av metall som strømmer med en høy strømningsmengde vil kreve større behandlingsvolum, innenfor de allerede gitte grenser, enn metall som strømmer med lave strømningsmengder. Strømningsmengdene faller vanligvis i området fra 0,0005 til 0,007 m³ pr. sek, men kan ønskelig være høyere eller lavere.

Gassinjektorene opererer fortrinnsvis med en høy spesifikk gassinjeksjonsmengde slik at det nødvendige antall injektorer nødvendig for å oppnå effektiv behandling, er akseptabelt lavt. Den spesifikke gassinjeksjonsmengde er definert som mengden av gass injisert via en gassinjektor delt med 5 behandlingssegmentvolumet som tilhører injektoren. For riktig avgassing ved hjelp av prosessen ifølge denne oppfinnelse, bør en spesifikk gassinjeksjonsmengde på i det minste 800, og fortrinnsvis i det minste 1000 l gass/min/m³ metall 10 benyttes. Da den totale metallbehandling opererer innenfor normale metallurgiske krav (mindre enn 2345 l gass/m³ av behandlet metall, ekvivalent med f.eks. 1 l gass/kg aluminium, og mer typisk mellom 940 og 1640 l/m³), sikrer slike høyere spesifikke gassinjeksjonsmengder at avgassing kan oppnås 15 vanligvis med 10 injektorer eller mindre og ofte med mindre enn 8 injektorer.

Ovennevnte utførelse kan oppnås med en gassforsinkelse, målt som endringen i volum av metall-gass-blandingen i et behandlingssegment med behandlingsgass tilført via gassinjeksjonsporten med en strømningsmengde på mindre enn 1 l/kg, sammenlignet med volumet uten noen behandlingsgasstrøm, på minst 20 5% og fortrinnsvis minst 10%.

Det er sterkt å foretrekke at rotoren har en indre struktur som består av vinger eller tanning og at sideåpningene er 25 rektangulære av form og dannet av de åpne rom mellom vingene eller tanningen og strekker seg til bunnen av rotoren for å gå over i bunnåpningene. Den således beskrevne rotor har fortrinnsvis en diameter på mellom 5 cm og 20 cm, fortrinnsvis mellom 7,5 cm og 15 cm, og roteres fortrinnsvis med en 30 hastighet på mellom 500 og 1200 opm, helst mellom 500 og 850 opm.

Selv om det er mulig å forklare denne oppfinnelse på forskjellige måter, vil det følgende være det som for tiden antas å beskrive den kompliserte serie av interaksjoner som er 35 nødvendige for at oppfinnelsen skal tilfredsstillende formålet

med effektiv metallbehandling i løpet av korte tidsperioder.

Konvensjonelle avgassere med f.eks. dyp kasse eller av traudiffusortypen krever alle betydelig lengre reaksjonstider for å oppnå effektiv reaksjon (så som avgassing). Det avgjørende trekk ved denne oppfinnelse er midlene for å danne høy gassforsinkelse i metallet i behandlingssonen ved hjelp av bruk av gassinjektorer som gir mekanisk bevegelse innenfor et definert metallvolum pr. injektor. Da høy gassforsinkelse antas å være et resultat av fine bobler dispergert overalt i metallet med liten sammenvoksing, betyr dette at overflatearealet av gassen i kontakt med metallet i en høy gassforsinkelsessituasjon er betydelig øket, og ifølge vanlige kjemiske prinsipper kan derfor reaksjonen skje i løpet av kortere tid. Gassboblestørrelsen kan ikke måles på noen enkel måte i smeltede metallsystemer. Gassboblestørrelser basert på vannmodeller er ikke pålitelige på grunn av overflatespenning og andre forskjeller. Det er mulig å anslå gass-metall-overflatearealet for et bestemt avgassingsapparat, og ved å benytte ytterligere antagelser kan man anslå gassboblestørrelsene.

Måling av gass-metall-overflatearealer kan bestemmes fra arbeidet til Sigworth og Engh, "Chemical and Kinetic Factors Related to Hydrogen Removal from Aluminium", Metallurgical Transactions B, American Society for Metals and the Metallurgical Society of AIME, bind 13B, september 1982, sidene 447-460 (hvis innhold herved opptas som referanse). Effekten av legeringssammensetningen på hydrogenløselighet ble bestemt basert på fremgangsmåten vist i Dupuis mfl., "An analysis of Factors Affecting the Response of Hydrogen Determination Techniques for Aluminium Alloys", Light Metals 1992, the Minerals, Metals & Materials Society of AIME, 1991, sidene 1055-1067 (som også herved innlemmes som referanse).

For å måle gass-metall-overflatearealet, blir i prinsippet innløps- og utløps-hydrogenkonsentrasjonene av metallet som

passerer gjennom avgasseren målt (f.eks. ved bruk av kommersielle enheter så som Alscan eller Telegas (varenavn)), og metallets strømningsmengde, metallets temperatur, legeringssammensetningen og gasstrømningsmengden pr. rotor registreres. Hydrogenløseligheten i angjeldende legering be-
5 regnes så som en funksjon av temperaturen. Sigworth & Engh's hydrogenbalanseligninger for en kontinuerlig reaktor (ligningene 35 og 36 på side 451, Sigworth & Engh) løses simultant for hver av avgasserens rotor. Basert på kjente
10 operasjonsparametere og målt hydrogenfjerning kan gassmetall-kontaktarealet oppnås fra det foregående trinn. Basert på denne metode krever foreliggende oppfinnelse operasjon med et gass-metall-overflateareal på minst $30 \text{ m}^2/\text{m}^3$ metall i behandlingssegmentet for å oppnå den forønskede avgassingseffektivitet i løpet av korte reaksjonstider. Tidligere kjente avgassere opererer generelt med grenseflate-
15 arealer mellom gass og metall på mindre enn $10 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

Det totale grensekontaktareal kan så benyttes til å "anslå" den volumbaserte gjennomsnittlige ekvivalente sfæriske gass-
20 boblediameter dannet av gassinjeksjonsrotoren basert på de følgende antagelser:

- 1) gassboblene har alle samme diameter;
- 2) gassboblene er alle sfæriske;
- 3) gassboblene stiger til overflaten av det flytende me-
25 tall vertikalt fra gassinjeksjonsdybden;
- 4) gassboblene stiger gjennom metallet med sin endelige stige-
hastighet (beregnet ved bruk av korrelasjoner for gass-
bobler i vann, f.eks. i henhold til Szekely, "Fluid Flow
Phenomena in Metals Processing", Academic Press, 1979; her-
30 ved innlemmet som referanse).

Til slutt blir den volumbaserte gjennomsnittlige ekvivalente sfæriske gassboblediameter beregnet ved bruk av ligningen:

$$A = \frac{3 \cdot Q \cdot h_0}{R \cdot U_t}$$

hvor:

Q = volumetrisk gasstrømningsmengde, termisk ekspansjon tatt i betraktning

h_0 = gassinjeksjonsdybde

5 U_t = gassboblenes endelige stigehastighet, og

R = sfærisk gassbobleradius

Basert på denne anslagsmetode er gassboblestørrelsen to til tre ganger mindre i foreliggende oppfinnelse enn antatt i systemer av typen med dyp kasse, og det er færre store bobler tilstede, noe som understøtter forklaringen på effektiviteten av foreliggende oppfinnelse.

Ved å tilordne en gassinjektor et definert volum av smeltet metall ("behandlingssegment"-volumet), sikres det at de fine gassbobler som dannes av den mekaniske bevegelse blir riktig dispergert fullstendig i hele behandlingssonen, og derfor tilfredsstillers kravet om høy gassforsinkelse. Det skal bemerkes at selv om de totale metallvolum i en behandlingssone ifølge foreliggende oppfinnelse er betydelig redusert i forhold til dem i f.eks. en dypkasseavgasser på grunn av reduserte reaksjonstidskrav, kan antall gassinjektorer samtidig økes på grunn av ovennevnte krav til behandlingssegmentet.

Uten at man ønsker å bli begrenset til noen spesiell teori, er det følgende en forklaring på virkemåten av foreliggende oppfinnelse. Gassinjektorene i hvert behandlingssegment tilfredsstillers flere krav. Injektorene danner en tilstrekkelig metallstrømningsmengde i strømmene av gassinneholdende metall til å føre metallet og gassen gjennom behandlingssegmentet uten at det støter mot beholdersidene eller bunnen på

en slik måte at boblene vokser sammen eller metallet spruter. Boblesammenvoksing ved sidene eller bunnen av beholderen vil vise seg i form av en ujevn fordeling av bobler som bryter metalloverflaten i behandlingssegmentet, og slik
5 sammenvoksing indikerer at den gjennomsnittlige boblestørrelse har øket og vil derfor, i henhold til ovennevnte forklaring, resultere i redusert gassforsinkelse og dårligere ytelse.

I den foretrukne utførelse av roterende gassinjektorer som
10 virker i et trau og hvor de roterende gassinjektorer har sideåpninger, bunnåpning og indre struktur, blir strømningsbevegelsesmengden skapt i en radial retning for å oppnå ovennevnte nødvendige gassboblefordeling, og denne bevegelsesmengde skapes av injektorens roterende bevegelse. Den
15 roterende gassinjektor virker videre til å danne de fine bobler med høye gass-metall-overflatearealegenskaper ifølge et aspekt av oppfinnelsen ved å danne en tangential overflatehastighet som i sin tur avhenger av diameteret av den roterende injektor. Det vil derfor forstås at selv om rotor
20 kan konstrueres for å fungere i et bredt område av rotasjonshastigheter, vil den optimale ytelse av en roterende gassinjektor ifølge denne oppfinnelse som befinner seg innenfor begrensningene av sitt forhold til trauet, resultere i et relativt smalt område av rotasjonshastigheter som den
25 kan operere innenfor med maksimal effektivitet. Brukeren vil justere rotasjonshastigheten for å oppnå de forønskede operasjonsresultater.

Selv om raskt roterende gassinjektorer representerer en foretrukket utførelse av oppfinnelsen, kan slike injektorer
30 danne ganske dype virvler (som strekker seg ned til selve rotoren) i metalloverflaten når den opereres i små metallvolumer. Denne uønskede effekt kan reduseres ved å sikre at alle ytre flater på rotoren er så glatte som mulig, uten noen fremspring etc., som kunne øke friksjonen og danne en
35 virvel. Imidlertid er slike glatte flater generelt sett dårlige til å skape de nødvendige skjærkrefter for å danne

fine gassbobler, og det er kun ved å balansere rotorens geometri med rotasjonshastigheten og trauutformningen at det kan oppnås tilstrekkelig skjær og metallsirkulasjon uten virveldannelse. Man har videre funnet at bobledispergeringen og de turbulens-og-dypvirvel-reduserende trekk ved roterende gassdispergerere ifølge denne oppfinnelse forbedres ved tilstedeværelse av en rettet metallstrøm i metallet som omgir de roterende gassinjektoren. En slik rettet metallstrøm oppnås eksempelvis når metallet strømmer langs et trau, så som et metalleveringstrau som beskrevet i denne beskrivelse.

Rettede metallstrømmer av denne type har også overraskende vist seg å redusere eventuell residuell virveldannelse til tross for den relativt lave metallhastighet, sammenlignet med tangentialhastigheten av den roterende gassinjektor. Tilstedeværelsen av strømningsrettende midler i trauet som retter hovedstrømmen mot retningen av tangentialhastighetskomponenten i metallet innført av den roterende gassinjektor, er spesielt nyttige.

Tilstedeværelsen av rettet metallstrømning endrer bevegelsesmengdevektoren av den radiale metallstrøm i en slik grad at den totale strømningsretning er mer langsgående, og problemene assosiert med støt mot en nærliggende trauvegg blir derved betydelig redusert. Størrelsen av den rettede metallstrøm har ganske klart innflytelse på denne effekt.

I dypkasse-behandlingsbeholdere som bruker roterende gassdispergerere er de forannevnte hensyn ikke viktige, og man mener i realiteten det er fordelaktig å sikre at radialstrømmen er så høy og turbulent som mulig og har en betydelig oppad- eller nedadrettet komponent for å skape kraftig omrøring i metallvolumet som omgir hver gassinjektor.

Det er meget å foretrekke og metallurgisk fordelaktig i foreliggende oppfinnelse å utføre gassbehandlingen i en behandlingssone som består av ett eller flere trinn operert i

serie. Dette kan gjøres på en modular måte, og hvor plass-
begrensninger eller andre hensyn er viktige, er det mulig å
at skille disse trinn langs et metallførende trau, forutsatt
at det totale antall trinn forblir det samme som det som
5 ville vært benyttet i en mer kompakt utførelse. Det er også
å foretrekke at hvert trinn består av en gassinjektor som
beskrevet ovenfor og at den er avgrenset fra nabotrinn.
Hvert trinn består av en gassinjeksjonsrotor som beskrevet
ovenfor og er begrenset fra nabotrinn ved hjelp av ledepla-
10 ter eller andre anordninger konstruert for å minimalisere
risikoen av tilbakestrømning eller omløp av metall mellom
trinnene, og for å minimalisere risikoen for at forstyrrel-
ser i ett trinn føres over til tilstøtende trinn.

Ledeplatene kan også inkorporere de ovenfor beskrevne strøm-
15 ningsrettende midler som motvirker tangentialhastighetskom-
ponenten.

Det vil forstås at behandlingstrinnet refererer seg til den
generelle del av apparatet som befinner seg nær gassinjek-
toren og kan være definert av ledeplater dersom slike fore-
20 ligger. Behandlingssegmentet er på den annen side et parti
av beholderen definert ved de spesifikke hydrodynamiske be-
tingelser som må oppfylles for oppfinnelsens riktige funk-
sjon. I noen tilfeller kan det være det samme som behand-
lingstrinnet.

25 Tilveiebringelsen av en flerhet behandlingstrinn er (basert
på kjemiske prinsipper) en mer effektiv metode for diffu-
sjonskontrollerte reaksjoner og fjerning av ikke-metalliske
faste partikler for metallbehandling. Flerheten av roteren-
de gassinjektorer i en rettet metallstrøm slik det dannes av
30 trauseksjonen fungerer (i kjemitekniske termer) som en pseu-
do-pluggstrømreaktor heller enn en vellblandet reaktor,
hvilket er det karakteristiske for dypkasseavgassere.

Det har vist seg at effektiviteten av den gassbobleskjærende
virkning, og således effektiviteten når det gjelder å oppnå

den høye gassforsinkelse som er nødvendig for å tilfreds-
stille oppfinnelsens formål, øker når krafttilførselsinten-
siteten til rotoren i behandlingssonen økes. Hvis man måler
den gjennomsnittlige krafttilførsel pr. masseenheter av metall
5 inneholdt i et behandlingssegment og antar at den netto til-
gjengelige effekt er typisk 80% av installert (motor) ef-
fekt, vil typiske behandlingssystemer basert på rotorer ope-
rere med krafttilførselsdensiteter i området 1 til 2 W/kg
metall. Foreliggende oppfinnelse kan operere med krafttil-
10 førselsintensiteter som overskrider 2 W/kg, og vanligvis
over 4 W/kg, for derved å sikre den mindre, mer stabile bob-
lestørrelse som kreves for effektiv behandling i små metall-
kvanta.

Det vil forstås at innenfor operasjonsområdene når det gjel-
15 der antall, størrelse og spesifikk konstruksjon av rotorene,
rotasjonshastigheter, plassering i forhold til trauret og me-
talloverflaten, metallstrømningsmengder og traustørrelser og
-fasonger, vil det være kombinasjoner innenfor disse områder
som gir den forønskede behandlingseffektivitet i de nødven-
20 dige korte tidsperioder.

Et resultat av dette er at apparatet også er kompakt og kan
benyttes uten bruk av varmeanordninger og komplekst hjelpe-
utstyr så som hydrauliske systemer for å heve og senke be-
holdere som inneholder kvanta av smeltet metall. Således
25 opptar utstyret normalt lite plass og er vanligvis relativt
billig å fremstille og bruke.

Kravene til fine bobler, god bobledispergering og fraværet
av dype metallvirvler kan i visse tilfeller tilfredsstilles
enda bedre ved bruk av faste vinger plassert nær en rotor
30 med glatt overflate og hovedsakelig perpendikulært på denne.
De faste vinger tjener til å øke skjærvirkningen nær rotor-
flaten og sikrer også at metallet rettes radiallyt bort fra
rotorflaten, for derved å forbedre bobledispergeringsevnen
(og unngå boblesammenvoksing). De faste vinger eliminerer
35 også fullstendig en eventuell tendens til dannelse av dype

metallvirvler. Den radiale avstand eller spalte mellom rotoren og de faste vinger er vanligvis 1 - 25 mm (fortrinnsvis 4 - 25 mm). Når vingene benyttes, vil det generelt sett være nødvendig med i det minste to faste vinger pr. rotor, og fortrinnsvis benyttes fire til tolv rotorer. Når faste vinger benyttes, kan kravet til fine bobler og god dispergering møtes med lavere rotorhastigheter og stort sett metall som ikke er i bevegelse. Således er operasjon med rotor og faste vinger effektiv ved rotasjonshastigheter så lave som 300 opm og metallstrømninger så lave som 0 kg/min.

De lavere operasjonshastigheter og den effektive undertrykkelse av dype metallvirvler tillater bruk av en større variasjon av rotorkonstruksjoner uten at det dannes ytelsesbegrensende overflateforstyrrelser.

15 KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE

Fig. 1 er et sideriss av en første utførelse av rotoren ifølge denne oppfinnelse;

Fig. 2 er et grunnriss sett nedenifra av rotoren på fig. 1;

Fig. 3 er et sideriss av en annen utførelse av rotoren ifølge denne oppfinnelse;

Fig. 4 er en fremstilling av en behandlingssone som består av en serie behandlingstrinn som inneholder en rekke rotorer og ledeplater;

Fig. 5 er et lengdesnitt av et arrangement som vist på fig. 4 i noe modifisert form;

Fig. 6 er et ytterligere lengdesnitt av et arrangement som vist på fig. 4 i noe modifisert form;

Fig. 7 er et grunnriss sett nedenifra av en rotor som opererer med faste vinger anordnet rundt seg;

Fig. 8 er et sideriss av rotoren og vingene på fig. 7 og viser innretningen plassert i et metalleveringstrau.

Fig. 9 er et sideriss av en annen utførelse av rotoren som er egnet for bruk med faste vinger (ikke vist); og

5 Fig. 10 er et grunnriss sett nedenifra av rotoren på fig. 9;

Fig. 11a og 11b er hhv. et sideriss av en alternativ rotor ifølge oppfinnelsen og et grunnriss av rotoren plassert i et metalltrau og viser hvorledes visse dimensjoner beregnes;

10 Fig. 12a, 12b, 12c og 12d er hhv. et sideriss av en alternativ rotor ifølge oppfinnelsen, snitt langs hhv. linjene B og C på fig. 12a, og et grunnriss sett nedenifra av rotoren;

Fig. 13 er et tverrsnitt gjennom et trau som inneholder en rotor vist i sideriss for å anskueliggjøre hvorledes forskjellige dimensjoner defineres;

15 Fig. 14 er et sideriss av en ytterligere utførelse av rotoren ifølge oppfinnelsen;

Fig. 15 er et tverrsnitt gjennom et trau benyttet i denne oppfinnelse med betegnelse på viktige dimensjoner;

20 Fig. 16 viser sideriss og grunnriss av fem roterende injektorer benyttet i denne oppfinnelse med betegnelse på viktige dimensjoner; og

Fig. 17 er et diagram som viser de nyttige og foretrukne operasjonsområder for de roterende gassinjektorer på fig. 16.

25 EKSEMPLER PÅ UTFØRELSE AV OPPFINNELSEN

Fig. 1 og 2 viser en første utførelse av en roterende gassinjektor ifølge denne oppfinnelse i et metalleveringstrau.

Injektoren har et rotorlegeme 10 med glatte flater neddykket i et grunt trau, som dannes av motstående sidevegger (ikke synlige) og en bunnvegg 31, fylt med smeltet metall 11 som har en øvre overflate 13.

5 Rotoren 10 har form av en opprettstående sylinder 14 som har en glatt ytterflate og er montert på en roterbar, vertikal aksel 16 av mindre diameter, hvilket sylindertparti har et arrangement av vinger som strekker seg nedad fra en nedre flate 20, idet de ytre flater av vingene danner kontinuerlige, glatte nedadragende forlengelser av overflaten av sylind-
10 deren 14. Som det vil ses tydeligst av fig. 2, er rotorvingene 18 hovedsakelig trekantede i horisontalsnitt og strekker seg radially innad fra ytterflaten. Vingene er anordnet symmetrisk rundt periferien av den nedre flate 20 på
15 en slik måte at det dannes innbyrdes jevnt atskilte, diametralt forløpende kanaler 22 mellom vingene, hvilke kanaler skjærer hverandre slik at det dannes et sentralt rom 28. En langstrakt aksial boring 24 strekker seg langs akselen 16, gjennom den opprettstående sylinder 14 og står i forbindelse
20 med en åpning 26 ved det sentrale parti av flaten 20 innenfor det sentrale rom 28. Denne aksiale boring 24 benyttes til å føre en behandlingssgass fra en egnet kilde (ikke vist) til åpningen eller injeksjonspunktet 26 for injeksjon i det smeltede metall.

25 Rotoren 10 er neddykket i det smeltede metall i metalleveringstrauet til en slik dybde at i det minste kanalene 22 er plassert under metalloverflaten og normalt slik at det sylindriske legeme er helt neddykket, slik det er vist. Rotoren roteres så om sin aksel 16 med en egnet høy hastighet
30 for å oppnå de følgende effekter. For det første bevirker rotorens rotasjon at smeltet metall trekkes inn i det sentrale rom 28 mellom rotorvingene 18 nedenifra og deretter bevirker at metallet slynges horisontalt utad med høy hastighet gjennom kanalene 22 i retning av pilene (fig. 1 og 2)
35 for derved å danne strømmer som beveger seg generelt sett radially. Hastigheten av disse radially forløpende strømmer

avhenger av antall vinger og deres form, avstanden mellom vingene, diameteret av sylindere og rotorens rotasjonshastighet. Behandlingsgass injiseres i det smeltede metall gjennom åpningen 26 og transporteres langs kanalene 22 i samstrømmende retning med det strømmende smeltede metall i form av relativt store, men hovedsakelig atskilte gassbobler.

Flaten 20 mellom vingene ved deres øvre ender lukker kanalene 22 i toppen og hindrer gassboblene og de smeltede metallstrømmer fra å bevege seg hovedsakelig horisontalt langs kanalene før boblene kan bevege seg oppad gjennom det smeltede metall som resultat av sin oppdrift. Vanligvis er fire til åtte vinger 18 tilveiebrakt, og det er normalt i det minste tre, men ethvert antall som er i stand til å gi den forønskede effekt kan benyttes.

Den raskt roterende sylindriske rotor danner en høy tangentialhastighet ved ytterflaten av sylindere. Da ytterflaten av sylindere er glatt og overflateforstyrrelser fra de innadrettede vinger er minimalisert, blir tangentialhastigheten raskt bremsset opp i metallmengden i metalleveringstrauet. Derved dannes det en høy tangentialhastighetsgradient nær den ytre glatte flate av rotoren. De raske strømmer av smeltet metall og gass strømmer ut av kanalene 22 i sidene av rotoren 10 og påtreffer området med høy tangentialhastighetsgradient. De resulterende skjærkrefter bryter gassboblene opp i finere gassbobler, som så kan dispergeres i det smeltede metall 11 i trauet. Skjærkreftene, og således boblestørrelsen, avhenger av rotorens diameter og rotasjonshastighet. Da det ikke foreligger noen fremspring på den glatte overflate av rotoren og de ytre ender av vingene fremviser et relativt glatt utseende, dissiperes tangentialhastigheten raskt uten å skape noen dyp metallvirvel i det smeltede metall. En liten virvel (ikke vist) assosiert med rotasjonen av akselen 16 vil naturligvis likevel være tilstede, men skaper ingen operasjonelle vanskeligheter.

For å lette behandlingen av smeltet metall inneholdt i grunne trau eller beholdere så som metalleveringstrau, er rotoren fortrinnsvis konstruert for å injisere gassen i det smeltede metall på et sted så nær bunnen av trauet som mulig. Derfor kan rotorvingene 18 gjøres så korte som mulig samtidig med at de likevel oppnår den forønskede effekt, og rotoren er vanligvis plassert så nær bunnen av trauet som mulig, f.eks. innenfor omtrent 0,5 cm. I noen trau av ikke-10 rektangulært tverrsnitt vil imidlertid trauveggene ved bunnen av trauet ligge tilstrekkelig nær rotoren at den radiale metallstrøm som dannes av rotoren treffer veggen og bevirker for mye spruting. I slike tilfeller vil en midlere plassering av gassinjeksjonen i større avstand fra bunnen av trauet være å foretrekke.

15 Apparatet gjør det mulig å dispergere små gassbobler helt og jevnt i et smeltet metall inneholdt i et relativt grunt trau til tross for bruken av en rotor som roterer med høy hastighet fordi virveldannelse og overflatespruting forhindres effektivt. Ved korrekt kombinasjon av diameter, antall og dimensjoner på vingene og rotasjonshastighet kan dispergering av små gassbobler oppnås uten å danne for stor utadrettet 20 metallstrømning som bevirker spruting når den når sidene av metalleveringstrauet nær rotoren.

Fig. 3 viser en andre foretrukket utførelse av en roterende gassinjektor ifølge oppfinnelsen. Denne injektor har en rotor med samme grunnriss sett nedenifra som den foregående rotor illustrert på fig. 2. Imidlertid har rotoren 10 form av en glatt opprettstående avkortet kjegle 17, som er montert på en roterende aksel 16 med mindre eller lik diameter som diameteret av den øvre flate av kjeglen, idet det koniske 30 parti har et arrangement av vinger 18 som strekker seg nedad fra den nedre flate 20, hvor ytterflatene av vingene danner kontinuerlige, glatte flater som rager nedad fra skjæringen mellom overflaten av kjeglen 17 og vingene 18. Ved å redusere overflatearealet av flaten av sylindren 14 35 som beskrevet på fig. 1 til det minst nødvendige, reduseres

tendensen til dannelse av en virvel i forhold til utførelsen på fig. 1, og det blir mulig å operere med et bredere valg av betingelser innenfor de omtalte områder.

Fig. 4 viser en behandlingssone som består av fire behandlingstrinn, hvor hvert trinn innbefatter en rotor 10, og hvert trinn er atskilt fra det neste og fra det tilstøtende metalleveringstrau ved hjelp av ledeplater 34, som strekker seg sideveis henover trauseksjonen som inneholder behandlingssonen fra sidevegg 30 til sidevegg, bortsett fra en åpning 36. Metallstrømmen gjennom behandlingssonen i det strømningsmønster som er vist ved pilene 37. Åpningene 37 gjør at metallet kan strømme fritt langs trauet på en rettet måte, men ledeplatene 34 forhindrer at metallstrømmer og forstyrrelser i det ene behandlingstrinn påvirker metallstrømningsmønstrene i et tilstøtende behandlingstrinn. I det store og hele oppnås en "pluggstrøm" eller "kvasi-pluggstrøm", dvs. at den totale bevegelse av metallet er kun i én retning langs trauet uten tilbakestrømming eller omløp rundt behandlingstrinn, selv om sterkt lokaliserte reverserte strømmer eller virvelstrømmer kan dannes i de enkelte behandlingstrinn.

Åpningene 36 i tilstøtende ledeplater er anordnet på motstående sider av trauet slik at hovedstrømmen av smeltet metall rettes først inn i områdene 39 av trauet og deretter rundt rotoren inn i områdene 40 på en slik måte at totalt sett strømmer metallet i et alternerende mønster gjennom trinnene for maksimal gassdispersjon i hele det smeltede metall. Rotorene roterer i de retninger som er vist med pilene 38, dvs. hovedsakelig motsatt retningen av det strømmende metall i områdene 39 og 40 etablert av åpningene 39, og reduserer derved ytterligere eventuelle tendenser til dannelse av en dyp virvel rundt de raskt roterende rotor 10.

Det illustrerte utstyr har gode gjennomstrømmingsegenskaper og lavt dynamisk metallinnhold. Utstyret skaper således kun et lite metallostatisk trykktap over behandlingssonens leng-

de, avhengig av størrelsen av åpningene 36 i ledeplatene 34.

Fig. 5 og 6 viser arrangementer lik fig. 4, bortsett fra at åpningene i ledeplatene er anordnet alternerende i toppen og bunnen i utførelsen på fig. 5 og ved bunnen hele veien i utførelsen på fig. 6. Disse arrangementer er også velegnet for å bevirke grundig gassdispersjon i det smeltede metall.

Fig. 7 og 8 viser en alternativ utførelse hvor rotoren 10 har et tilstøtende sett med jevnt atskilte, radialt orienterte stasjonære vertikale vinger 12, som omgir rotoren symmetrisk om dens rotasjonssenter og er atskilt fra hverandre ved hjelp av radiale kanaler 15. Som det vil ses av fig. 8, kan de nedre flater på rotorvingene 18 og de stasjonære vinger 12 være formet for å følge konturene av det ikke-rektangulære trau 31, dersom dette er nødvendig. I denne utførelse blir tangentialhastigheten som dannes av rotorens overflate, hovedsakelig stoppet av de nærliggende stasjonære vinger, og den resulterende skjærkraft som virker på metallet, forsterkes. Når de gassinneholdende smeltede metallstrømmer som kommer ut av kanalene 22 treffer de stasjonære vinger, vil den høye skjærvirkning være spesielt effektiv når det gjelder å danne de fine gassbobler som er nødvendig for avgassing, og den gjør det mulig å oppnå effekten ved lavere rotasjonshastigheter av rotoren. Videre virker de stasjonære vinger til å kanalisere de smeltede metallstrømmer fra kanalene 22 videre langs kanalene 15 for å øke den radiale bevegelse av metallet og sikre fullstendig dispergering av gassboblene i metallet i behandlingssonen. Endelig vil tilstedeværelsen av de stasjonære vinger fullstendig eliminere enhver tendens til dannelse av dype metallvirvler, selv i meget grunne metalltrau, så vel som lave strømmingsmengder eller rettet metallstrøm som er medstrøms istedenfor motstrøms rotorenes rotasjonsretning. Bruken av stasjonære vinger reduserer også begrensningene på rotorens overflatejevnhet.

35 For effektiv operasjon med rotororer ifølge denne oppfinnelse

bør det fortrinnsvis minst være fire stasjonære vinger pr. rotor og fortrinnsvis mer enn seks. Avstanden mellom rotoren og de stasjonære vinger er fortrinnsvis mindre enn 25 mm og vanligvis omtrent 6 mm, og jo mindre avstanden er desto
5 bedre, forutsatt at rotoren og vingene ikke berører hverandre og således skader hverandre.

Enhver av utførelsene som benytter stasjonære vinger kan om- ønskelig også benyttes i trau som inneholder ledeplater som beskrevet i forbindelse med fig. 4, 5 eller 6.

10 Fig. 9 og 10 viser en ytterligere utførelse av rotoren som er beregnet for bruk med stasjonære vinger av den type som er vist på fig. 7 og 8. Fig. 9 og 10 viser en rotorenhet 10 hvor to diametrale rotorvinger 18 skjærer hverandre i sentrum av den nedre flate 20 av sylinderen 14. Den aksiale
15 gasspassasje strekker seg gjennom skjæringspartiet av vingene til bunnen av rotoren, hvor gassinjiseringsen skjer rundt åpningen 26. Denne type konstruksjon hvor det sentrale område av den nedre flate 20 er "lukket" og hvor gass injiseres under den øvre kant av rotorvingeåpningen 20, er mindre
20 effektiv ved radial "pumping" av det smeltede metall enn basiskonstruksjonene på fig. 1 og 2, men funksjonsmåten er grunnleggende den samme. Den faller utenfor det foretrukne krav til åpent overflateareal og krav til gassinjeksjonspunkt ifølge denne oppfinnelse, men kan likevel benyttes med
25 de stasjonære vinger som er beskrevet i det foregående fordi, som angitt ovenfor, vil vingene tillate bruk av en større variasjon av rotor.

Fig. 11a og 11b viser forskjellige dimensjoner som er nødvendig for å bestemme mengden av gassforsinkelse dannet av
30 en rotor. En rotor 10 og et parti av en aksel 16a bestemmes slik at de har et volum ved V_g , hvor volumet inkluderer volumet av eventuelle kanaler 22 i den sylindriske flate 14. Rotorens sentrale akse er plassert i avstandene 53a og 53b fra sidene 52a og 52b av trauet som inneholder rotoren. Et
35 parti av trauet begrenses av vertikale plan 56, som ligger

med lik avstand oppstrøms og nedstrøms fra rotorens akse i en avstand 55 halvparten av distansen 53, hvor distansen 55 er den største av 53a og 53b. Volumet av metallet som ligger mellom veggene 52a og 52b, bunnen av trauet 51, den øvre metalloverflate 50 og de to vertikale plan 56, betegnes som V_M . Endringen 57 i V_M som resulterer av gassinjeksjonen i metallet via rotoren, betegnes som gassforsinkelsen.

Fig. 12a, 12b, 12c og 12d viser hhv. et oppriss, to snitt og et grunnriss sett nedenifra av en annen utførelse av rotoren ifølge denne oppfinnelse. Utførelsen ligner utførelsen på fig. 1, bortsett fra at det sylindriske legeme 14 har et nedre forlengelsesstykke 14c i form av en sylindrisk oppadvendende kopp med en ytterflate som nøyaktig tilsvarende overflaten av de nedadvendende vinger 18 når det gjelder diameter og krumning. Koppen har en sentral åpning 19 i bunnflaten. Ved å variere diameteret og åpningen 19 kan effektiviteten av metallpumpingen kontrolleres, for således å muliggjøre kontroll av den radiale og horisontale strømning uten å endre tangentialhastigheten av sylindrerflaten som kreves for å skjære gassboblene.

Fig. 13 beskriver de dimensjonale begrensninger angitt i denne beskrivelse. Avstanden 60 er neddykningen av den øvre kant av siden av rotoren under metalloverflaten og er fortrinnsvis minst 3 cm. Avstanden 62 er avstanden fra bunnen av rotoren målt fra sentrum av rotoren til den vertikalt nærmeste bunn av trauet og er minst 0,5 cm.

Fig. 14 viser fremgangsmåten for å bestemme det åpne areal av åpningene i siden av rotoren. Åpningene 70 i siden av rotoren 14 vil ved rotasjon beskrive en sylindrisk flate som ligger mellom linjene 71 og 72. Dersom arealet av denne sylindriske flate betegnes med A_c , defineres forholdet mellom åpningenes areal som A_0/A_c og bør fortrinnsvis ikke overskride 60%.

Som nevnt ovenfor, er det en spesiell fordel ved apparatet

ifølge foreliggende oppfinnelse at det kan benyttes i grunne trau så som metalleveringstrau, og dette kan ofte gjøres uten å lage slike trau dypere eller bredere. Selv om ledeplatene 34 og de stasjonære vinger 12 (når det er nødvendig) kan være festet til det indre av trauet dersom dette er ønskelig, kan anordningen av rotorene, ledeplatene og de stasjonære vinger (dersom de benyttes) alternativt alle monteres på en heveanordning som kan senke bestanddelene ned i trauet eller heve dem ut av metallet for vedlikehold (enten av behandlingsapparatet eller trauet, dvs. klargjøring eller rengjøring av trauet etter støping).

De traulengder som opptas av enhetene av denne type er også ganske korte fordi bruk av gass er effektivt på grunn av de små boblestørrelser og den grundige dispergering av gassen i hele det smeltede metall. Totalvolumet av gass som innføres er relativt lite pr. volumenhet av smeltet metall som behandles, og derfor skjer det liten kjøling av metallet under behandlingen. Det er derfor ikke nødvendig å benytte varmeanordninger i forbindelse med behandlingsapparatet. En typisk trauseksjon nødvendig for en behandlingssone med kun én rotor kan ha et forhold mellom lengde og bredde på fra 1,0 til 2,0. Selv om det er mulig med en behandlingssone som inneholder en enkelt rotor, vil behandlingssonen vanligvis være delt i flere behandlingstrinn som inneholder én rotor pr. behandlingstrinn, som tilfredsstillende volumbegrensninger angitt ovenfor for behandlingssegmentet. Fremgangsmåten og apparatet for metallbehandling i en behandlingssone kan derfor gjøres modulær, slik at flere eller færre behandlingssoner og rotor er kan benyttes som nødvendig. Videre behøver behandlingstrinnene som omfatter behandlingssonen ikke være plassert ved siden av hverandre i et metalleveringstrau dersom trauets konstruksjon ikke tillater dette. Det vanlige antall rotor er i en behandlingssone er i det minste to og ofte så mange som seks eller åtte.

Som angitt ovenfor, kan metallbehandlingsapparatet benyttes for å fjerne oppløst hydrogen, fjerne faste forurensninger

og ved omsetning å fjerne alkalier og alkaliske jordarters komponenter. Mange metaller kan behandles, selv om oppfinnelsen er spesielt egnet for behandling av aluminium og dets legeringer samt magnesium. Behandlingsgassen kan være

5 en gass som er hovedsakelig inert overfor smeltet aluminium, dets legeringer og magnesium, så som argon, helium eller nitrogen, eller en reaktiv gass så som klor, eller en blanding av inerte og reaktive gasser. Dersom klor benyttes for behandling av magnesiuminnholdende legeringer, dannes det

10 et flytende reaksjonsprodukt som under de høye skjærbetingelser som dannes av denne behandling kan brytes opp i en emulsjon av meget små dråper (typisk 10 μm i diameter) som lett medføres av det smeltede metall nedstrøms for den inline plasserte behandlingseenhet. Dette er uheldig på grunn

15 av den negative innflytelse disse inklusjoner har på spesielle aspekter av det støpte metalls kvalitet. Den foretrukne reaktive gass for denne anvendelse er en blanding av klor og en fluorid-inneholdende gass (f.eks. SF_6) som beskrevet i US patent 5.145.514 utstedt til Gariepy m.fl. (hvis innhold

20 herved innlemmes som referanse), som kjemisk konverterer væskeinklusionene til massive klorider og fluorider som lettere lar seg fjerne fra metallet og er mindre kjemisk reaktive enn enkle kloridinklusioner og derfor har mindre innflytelse på kvaliteten av det støpte metall.

25 **EKSEMPEL 1**

Behandling av smeltet metall ble utført i en behandlingssone som beskrevet i forbindelse med fig. 1 - 3, bortsett fra at totalt seks roterende gassinjektorer ble benyttet og alle de roterende gassinjektorer ble rotert i samme retning. Hver

30 roterende gassinjektor var som beskrevet på fig. 1 og 2, med følgende spesielle trekk. Ytterdiameteret av hver rotor var 0,1 m. Åtte rotorvinger ble benyttet. Ytterflaten av rotoren hadde åpninger som dekket 39,8% av det tilsvarende område sveipet av disse åpninger ved rotorens rotasjon. Vingene

35 hadde form av avkortede trekkanter, hvor ytterflatene hadde samme kontur som ytterflaten av rotoren totalt sett og de

indre ender var avsluttet på en sirkel med diameter 0,0413 m. Vingene var innbyrdes atskilt for å danne passasjer med konstant rektangulært tverrsnitt for å kanalisere metall og gassbobler. Rotorene ble drevet med 8 opm.

- 5 Behandlingssonen var inneholdt i en seksjon av ildfast trau mellom en støpeovn og en støpemaskin og hadde et tverrsnittsareal på omtrent 0,06 m² og en lengde på omtrent 1,7 m. Metalldybden i behandlingssonen varierte fra 0,24 m ved starten av behandlingssonen til 0,22 m ved enden av behandlingssonen. Rotorene ble neddykket slik at injeksjonspunktet for gassen i metallstrømmen var omtrent 0,18 m under overflaten av metallet. Metallvolumet inneholdt i hvert behandlingssegment, definert som en traulengde lik bredden av metalloverflaten ganger det vertikale tverrsnittsareal, var 10 omtrent 0,021 m³ for hver av de roterende gassinjektorer. 15

- Behandlingssonen ble matet med metall med en strømningsmengde på 416 kg/min. En blanding av Ar og Cl₂ ble benyttet ved behandlingen og ble tilført med en strømningsmengde på 55 l/min pr. roterende gassinjektor, tilsvarende et gjennomsnittlig gassforbruk på 0,8 l/kg. 20

- Selv om alle de roterende gassinjektorer ble operert uten at det dannet seg dype metallvirvler, ble det observert at de normale virvler som var tilstede som resultat av rotasjonen av akslene, var redusert for de injektorer hvor metallstrømmen hovedsakelig var rettet mot rotasjonsretningen. 25

- Når en aluminium-magnesiumlegering (AA5182) ble behandlet i den beskrevne behandlingssone, ble det oppnådd en hydrogenfjerningseffektivitet på mellom 55 og 58%, noe som er bra sammenlignet med tidligere kjente avgassere benyttet under 30 de samme betingelser. Behandlingstiden (den gjennomsnittlige metalloppholdstid i behandlingssonen) var 34 sek. En konvensjonell avgasser av dypkassetypen som opererte under lignende tilstander, krevde 350 sek behandlingstid og benyttet omtrent 0,5 m³ metall for hver av de to rotor i avgasse-

ren.

EKSEMPEL 2

Metallbehandling ble utført i en aluminiumslegering AA3004 i et trau som vist på fig. 15. Trauets dimensjoner er angitt i Tabell 1. Behandlingsprosessen ble utført ved bruk av fem forskjellige roterende gassinjektorer i henhold til fig. 16, med de kritiske rotorparametere som er angitt i Tabell 2. Metalldybden i trauet var 8,76" (222 mm), og strømningshastigheten av aluminiumslegering var 450 kg/min. Ytelsen av metallbehandlingsapparatet ble bestemt i form av dets evne til effektivt å dispergere gass gjennom hele behandlingssonen uten for mye plasking. Sterk plasking skaper ikke bare farlige forhold, men bidrar også til dannelse av uforholdsmessig mye dross. Rotorene ble testet ved tre neddykningsdybder og over et område av rotasjonshastigheter. Det ble ikke gjort noe forsøk på å oppnå data ved rotasjonshastigheter over 850 opm. Fig. 17 viser operasjonsområdene bestemt for hver rotortype ved forskjellige neddykningsnivåer. Rotorene 1, 4 og 5 representerer alle rotorer i henhold til den spesielt foretrukne utførelse av denne oppfinnelse. Rotor 2 har ikke den "glatte topp" som den foretrukne utførelse har, og rotor 3 har et arealforhold som overskrider den foretrukne verdi på 60%. Figuren indikerer at selv om alle roterer kan operere innenfor foreliggende oppfinnelse, gir de foretrukne rotorer (1, 4 og 5) de videste funksjonssektorer innenfor avgasserens funksjonsområder.

TABELL 1

Traudimensjoner (fig. 15)

Toppåpning (80)	339 mm (13,4")
Dybde (81)	381 mm (15,0")
5 Bunnkrumning (82)	152,4 mm (6,0") radius

Trauets bunn har form av en hel halvsirkel.

TABELL 2

Rotorparametere (fig. 16)

	<u>Rotortype (se fig. 16)</u>				
<u>Dimensjon</u>	1	2	3	4	5
10					
Total høyde (90)	5,0" 127mm	5,0" 127mm	5,0" 127mm	3,0" 76mm	5,0" 127mm
Skulderhøyde (91)	1,5" 38mm	1,5" 38mm	1,5" 38mm	1,5" 38mm	1,5" 38mm
15					
Vingehøyde (92)	2,0" 51mm	2,0" 51mm	2,0" 51mm	1,5" 38mm	1,5" 38mm
Total diameter (93)	4,0" 102mm	4,0" 102mm	4,0" 102mm	4,0" 102mm	4,0" 102mm
20					
Skulderdiameter (94)	4,0" 102mm	3,0" 76mm	4,0" 102mm	4,0" 102mm	4,0" 102mm
Åpent areal av vinger	39,8%	39,8%	70,0%	39,8%	39,8%

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte for behandling av smeltet metall (11) med en behandlingssone, hvor det smeltede metall kontinuerlig innføres i en beholder som har en bunnvegg (31) og motstående sidevegger (30), hvilket smeltet metall (11) kontinuerlig fjernes fra beholderen, hvor i det minste én mekanisk bevegelig gassinjektor (10) er anordnet i metallet i beholderen, og hvor en gass injiseres i metallet i en del av beholderen som danner en behandlingssone via nevnte i det minste ene injektor (10) for å danne gassbobler i metallet samtidig med at minst én injektor beveges mekanisk, k a r a k t e r i s e r t v e d at for nevnte beholder benyttes en seksjon av et trau, og at trauseksjonen oppviser et forhold mellom dynamisk og statisk metallinnhold på mindre enn omtrent 50%.

2. Fremgangsmåte ifølge 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at hver injektor (10) beveges mekanisk i en slik grad at nevnte bobler fra injektoren trenger inn i et volum (VM) av metallet som danner et behandlingssegment i behandlingssonen, hvilket behandlingssegment er et volum av nevnte metall sentrert om injektoren (10) og definert som et produkt av et vertikalt tverrsnittsareal av metallet som inneholdes i nevnte trauseksjon ved et midtpunkt av injektoren, multiplisert med en maksimal bredde av trauseksjonen ved eller under en overflate (50) av metallet ved nevnte midtpunkt av nevnte injektor, forutsatt at dersom det foreligger mer enn to injektorer (10) og avstanden mellom sentrene av hosliggende injektorer er mindre enn avstanden mellom de motstående vegger (52a,b) av trauset, er behandlingssegmentet tilordnet hver injektor produktet av nevnte vertikale tverrsnittsareal og nevnte avstand mellom nevnte sentre av hosliggende injektorer.

3. Fremgangsmåte ifølge 2,
k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte behandlingssegment (VM) har et volum på 0,20 m³ eller mindre, fortrinnsvis 0,07 m³ eller mindre.
- 5 4. Fremgangsmåte ifølge 2,
k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte injektor (10) beveges mekanisk tilstrekkelig hurtig til å danne en gassforsinkelse (57) i behandlingssegmentet (VM) på i det minste 5%.
- 10 5. Fremgangsmåte ifølge 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at hver av nevnte gassinjektorer (10) beveges mekanisk ved at den roteres om en sentral vertikal akse av injektoren.
6. Fremgangsmåte ifølge 1,
15 k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte metall beveges gjennom nevnte trauseksjon med en slik strømningsmengde at metallet passerer i løpet av en tidsperiode på 90 sek eller mindre.
7. Fremgangsmåte ifølge 5,
20 k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte injektor (10) har et rotorlegeme (14) som har en diameter på 5 - 20 cm og roteres med 500 - 1200 opm.
8. Fremgangsmåte ifølge 5,
25 k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte injektor (10) har et rotorlegeme (14) som har en sylindrisk sideflate og en bunnflate (20), i det minste tre åpninger (22) i nevnte sideflate innbyrdes atskilt symmetrisk rundt rotorlegemet, i det minste én åpning (26) i bunnflaten, i det minste én indre passasje (24) for gasslevering og en indre struktur for å
30 forbinde innbyrdes nevnte åpninger (22) i nevnte sideflate, nevnte åpninger (26) i nevnte bunnflate (20) og nevnte i det minste ene indre (24) passasje, idet nevnte innvendige struktur er innrettet til å bevirke at gassbobler som strøm-

mer ut fra nevnte indre passasje (24) brytes opp i finere bobler og bevirke at en blanding av metall og gass strømmer ut fra nevnte åpninger (22) i nevnte sideflate på en hovedsakelig horisontal og radial måte når nevnte rotorlegeme roter.

9. Fremgangsmåte ifølge 5, karakterisert ved at en flerhet generelt sett vertikale stasjonære vinger (12) atskilt av kanaler (15) plasseres rundt hver rotor (10) for å oppta nevnte radiale og hovedsakelig horisontale metallstrømmer.

10. Fremgangsmåte ifølge 2, karakterisert ved at forholdstallet som dannes av volumet av nevnte behandlingssegment dividert med den volumetriske strømningsmengde av metall som passerer gjennom trauret, er mindre enn 70 sek, fortrinnsvis mindre enn 35 sek.

11. Apparat for behandling av et smeltet metall med en behandlingsgass, innbefattende en beholder som har en bunnvegg (51) og et par motstående sidevegger (52a,b) for å inneholde nevnte smeltede metall (11), i det minste én gassinjektor (10) som i bruk er plassert i nevnte beholder neddykket i nevnte metall, og midler for å transportere gass til nevnte injektor for injisering i nevnte metall, karakterisert ved at nevnte apparat innbefatter midler for mekanisk å bevege nevnte gassinjektor (10), og at nevnte beholder er et langstrakt trau for transport av nevnte smeltede metall, hvilket trau definerer et behandlingssegment (VM) som utgjøres av et volum av nevnte metall sentrert om hver av nevnte injektorer (10) og definert ved et produkt av et vertikalt tverrsnittsareal av nevnte trau ved et midtpunkt av nevnte injektor multiplisert med en maksimum bredde av nevnte trau ved eller under en overflate (50) av nevnte metall ved nevnte midtpunkt av nevnte injektor, idet hvert behandlingssegment har et volum som ikke overskrider $0,20 \text{ m}^3$.

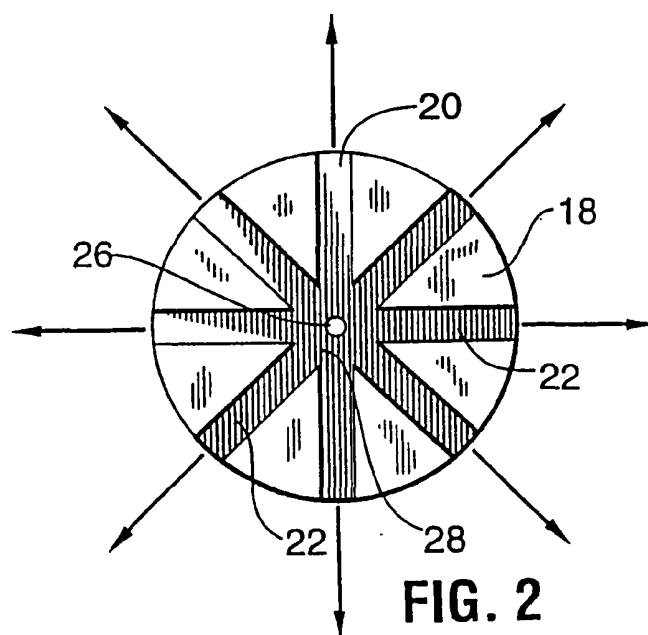
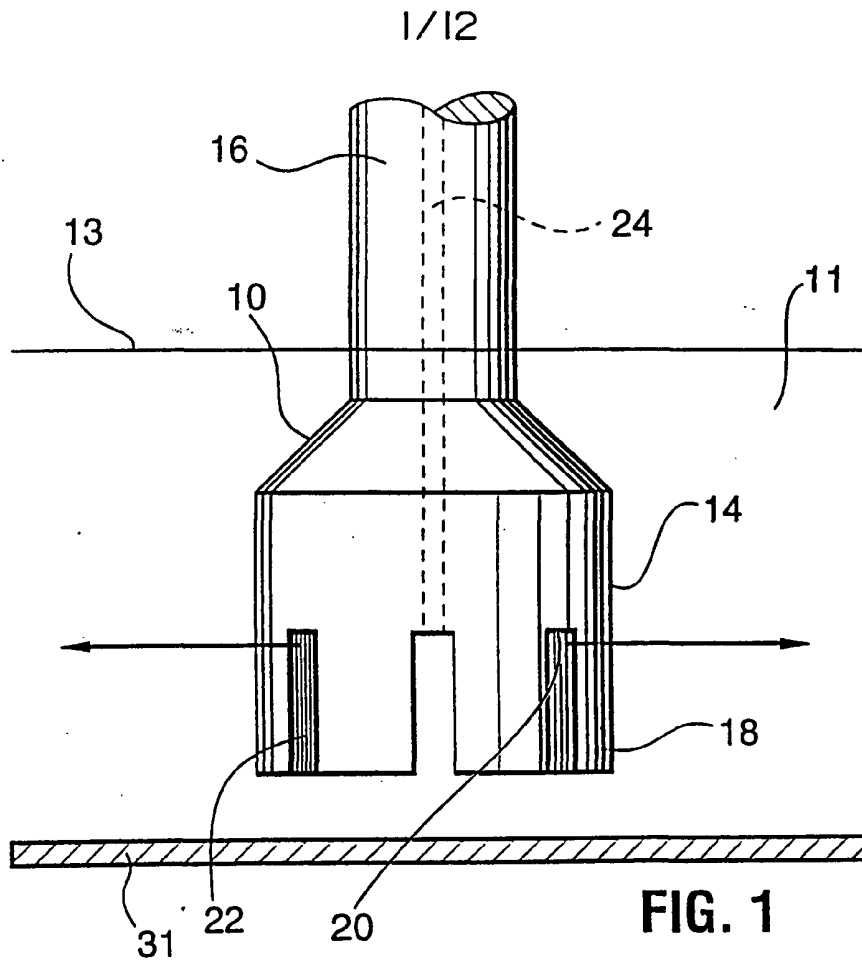
12. Apparat ifølge krav 11,
k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte injektor innbe-
fatter en rotor (10) som har en glatt sylindrisk ytterflate
(14) som er forsynt med innadrettede åpninger (22) som dan-
5 ner metallstrøm i en utad radial og hovedsakelig horisontal
retning når nevnte rotor er neddykket i nevnte smeltede me-
tall (11) og roteres; hvilken rotor har en nedre endeflate
(20) som er forsynt med i det minste én åpning (26) som står
i forbindelse med nevnte åpninger (22) i nevnte sylindriske
10 flate, en gassinjeksjonsport for innføring av nevnte behand-
lingsgass i nevnte metallstrøm, og en kanal (24) for å
transportere nevnte gass til nevnte gassinjeksjonsport; idet
nevnte rotor fortrinnsvis har i det minste tre av nevnte åp-
ninger (22) i nevnte sideflate som er anbrakt symmetrisk
15 rundt rotoren.

13. Apparat ifølge krav 11,
k a r a k t e r i s e r t v e d at hver av nevnte injektorer har et rotorlegeme (10) som innbefatter en sylindrisk
sideflate (14) og en bunnflate (20), med i det minste én åp-
20 ning (26) i nevnte bunnflate, i det minste tre åpninger i
nevnte sideflate (14) anordnet symmetrisk rundt flaten, og
en indre struktur som tilveiebringer passasjer (22) i roto-
ren for bevegelse av smeltet metall mellom bunnen (20) og
sideåpningene, og i det minste én gassinjeksjonsport (26)
25 som er plassert i rotorlegemet og står i forbindelse med
nevnte passasjer (22); hvilken innvendige struktur i bruk
bevirker at gass som kommer inn via gassinjeksjonsporten
(26) blander seg med smeltet metall i rotorlegemet slik at
det dannes bobler, og at nevnte indre struktur i bruk også
30 bevirker at det smeltede metall og gassboblene strømmer fra
sideåpningene på en radial og hovedsakelig horisontal måte.

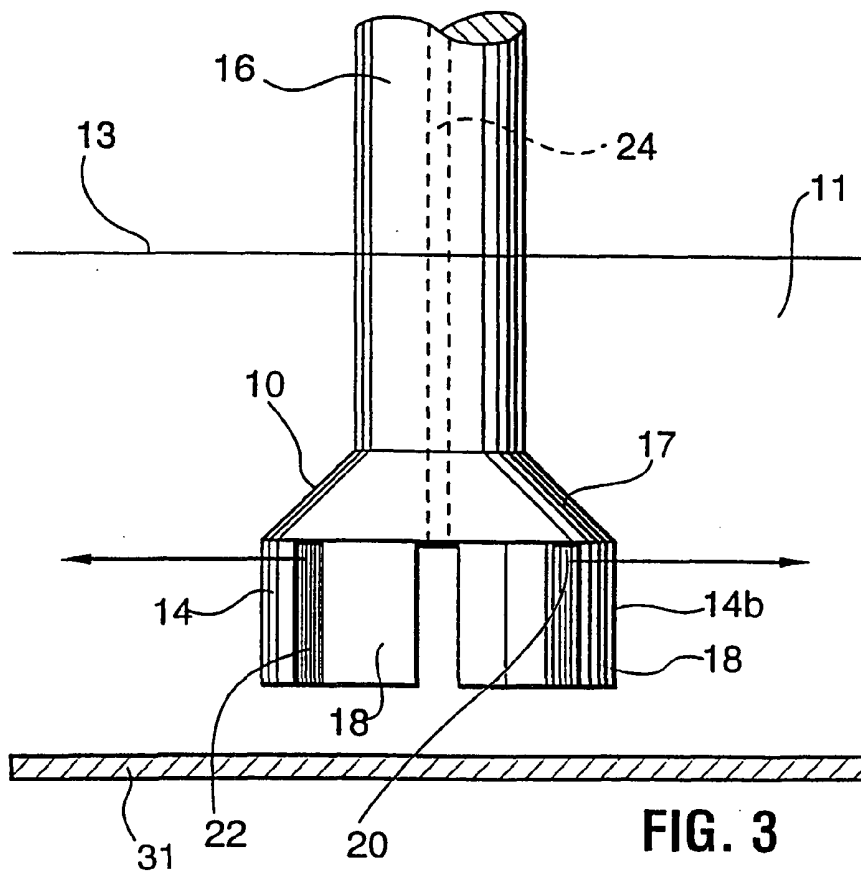
14. Apparat ifølge krav 12,
k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte rotor (10) har
en kjeglestumpformet, oppad avsmalnende flate (17) som går
35 over i en aksling (16) for understøttelse og rotasjon av ro-
toren.

15. Apparat ifølge krav 12,
k a r a k t e r i s e r t v e d at nevnte åpninger (22) i
nevnte sideflate opptar et areal av nevnte ytterflate som
tilsvarer mindre enn 60% av et totalt areal som sveipes av
5 nevnte åpninger ved rotasjon av nevnte rotor.

16. Apparat ifølge krav 11,
k a r a k t e r i s e r t v e d at trauret har en dybde i
området 15 - 50 cm og en bredde i området 10 - 40 cm.



2/12



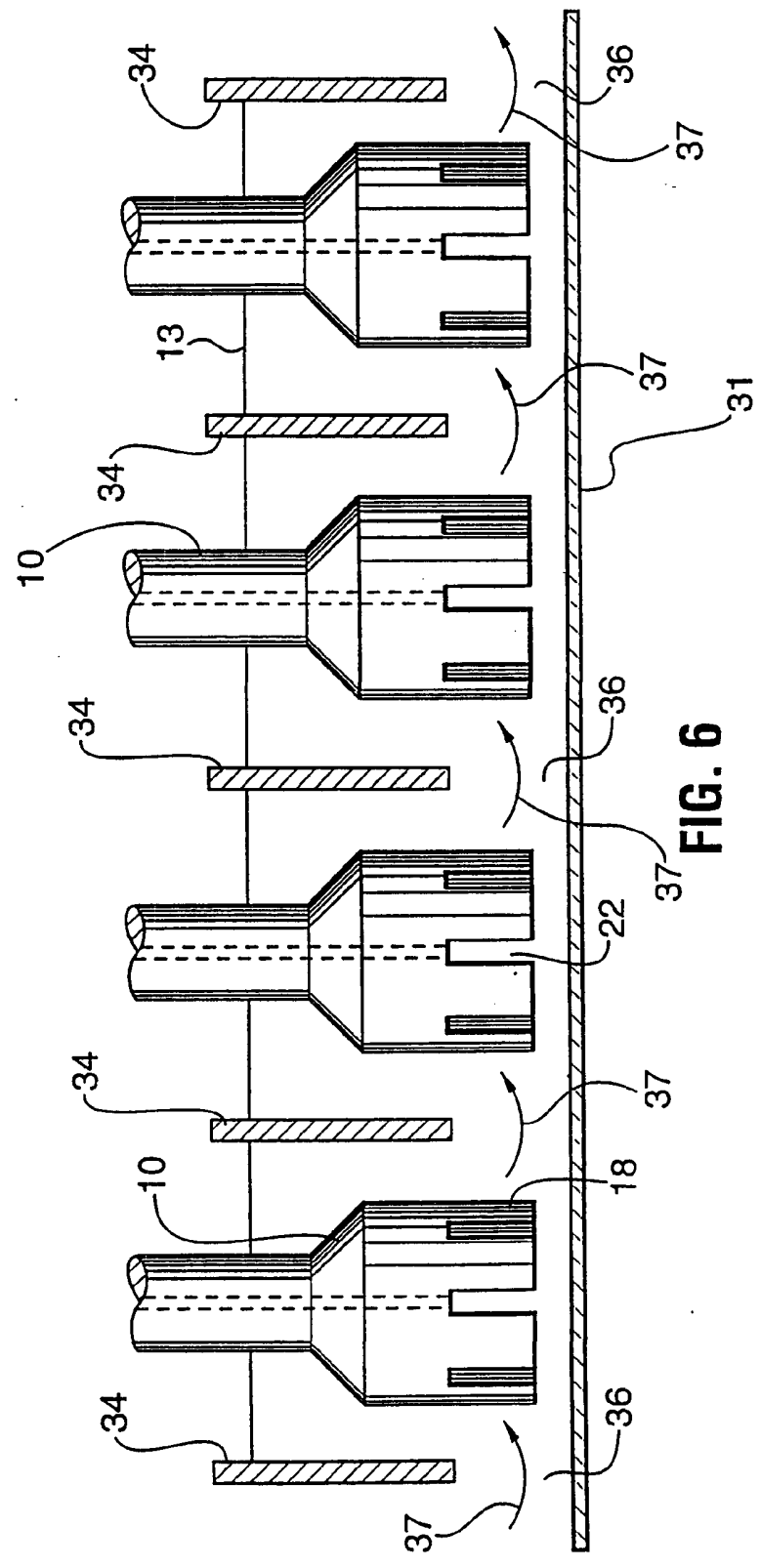


FIG. 6

6/12

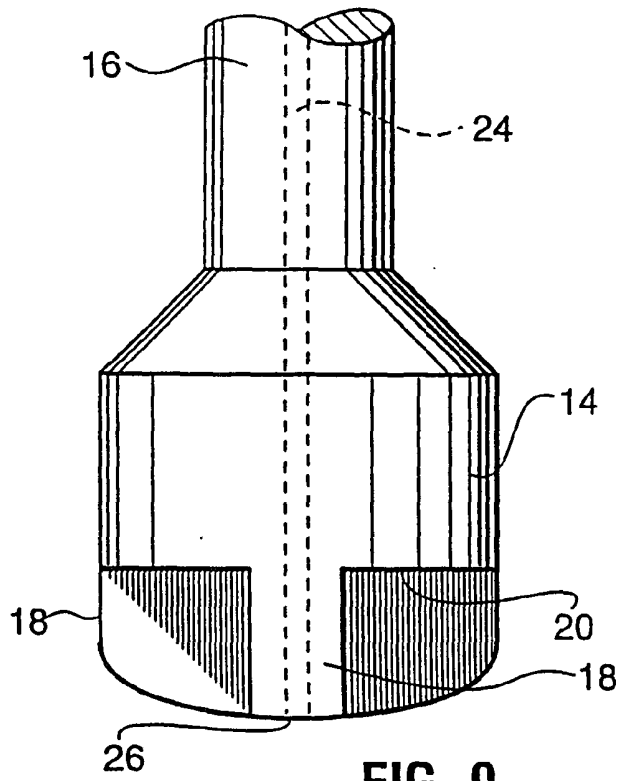


FIG. 9

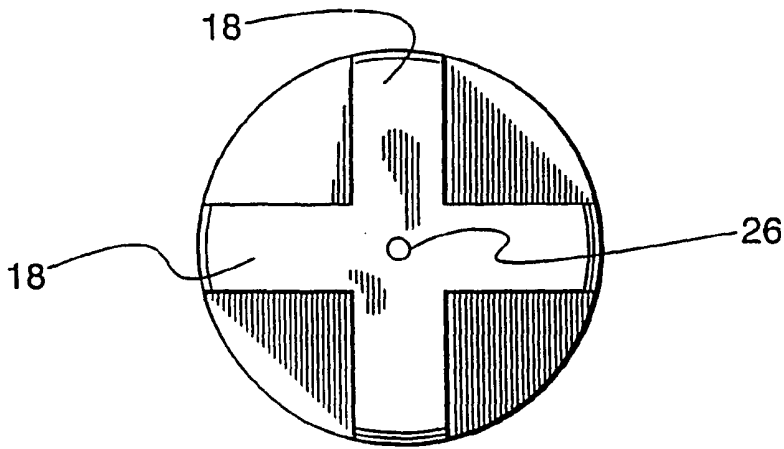
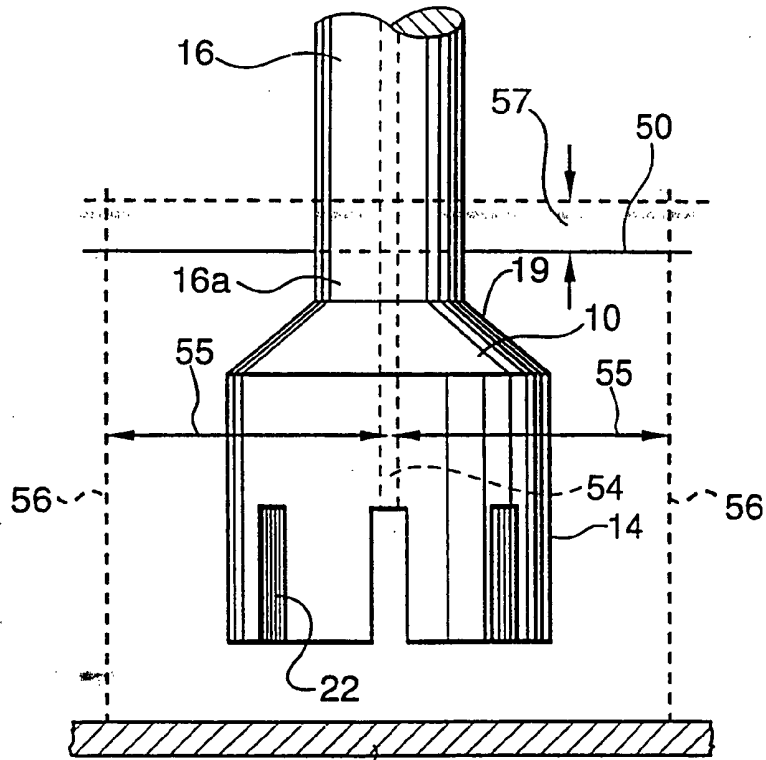


FIG. 10

7/12



51 FIG. 11a

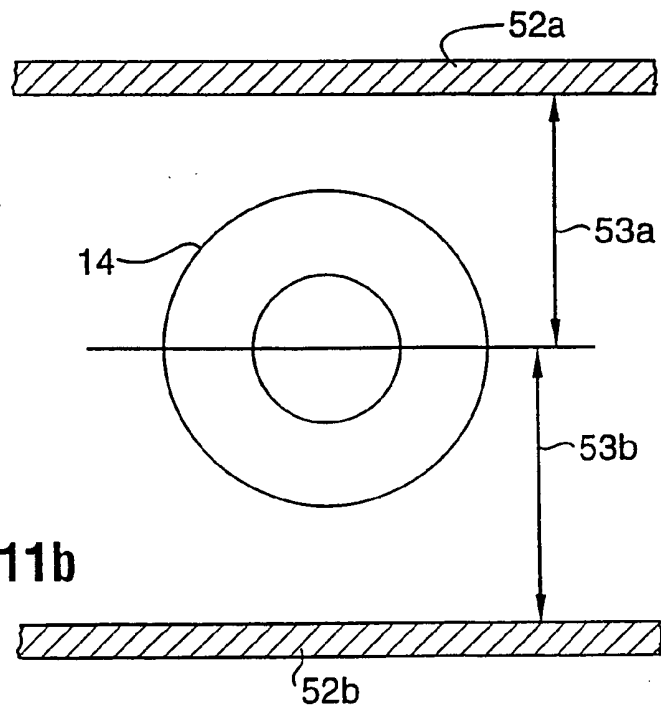


FIG. 11b

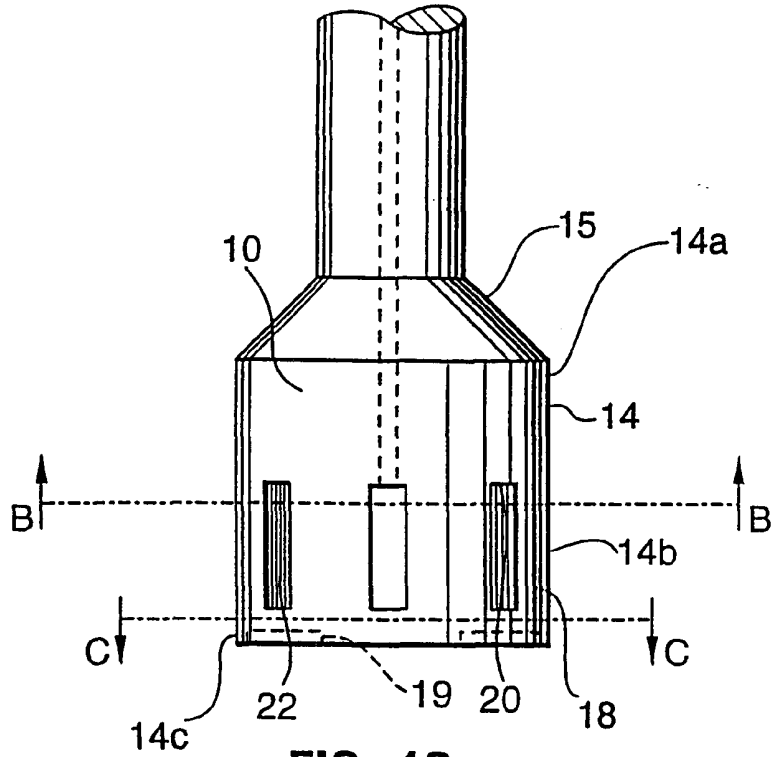


FIG. 12a

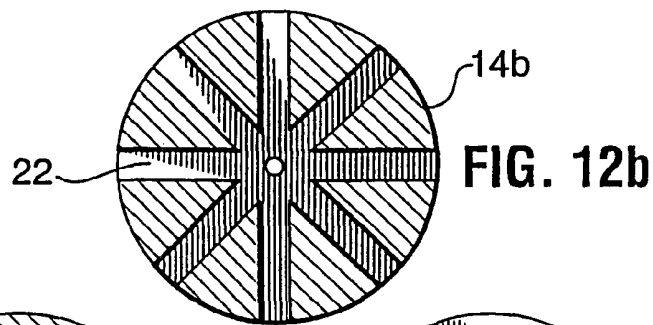


FIG. 12b

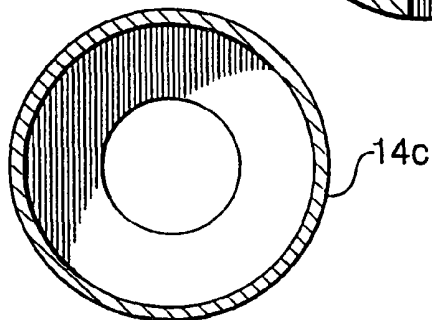


FIG. 12c

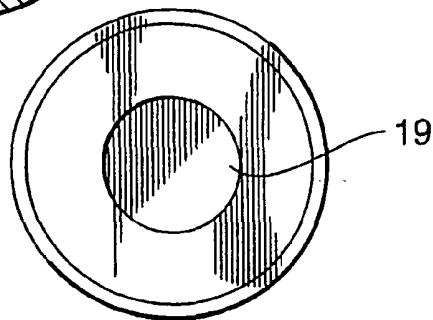


FIG. 12d

9/12

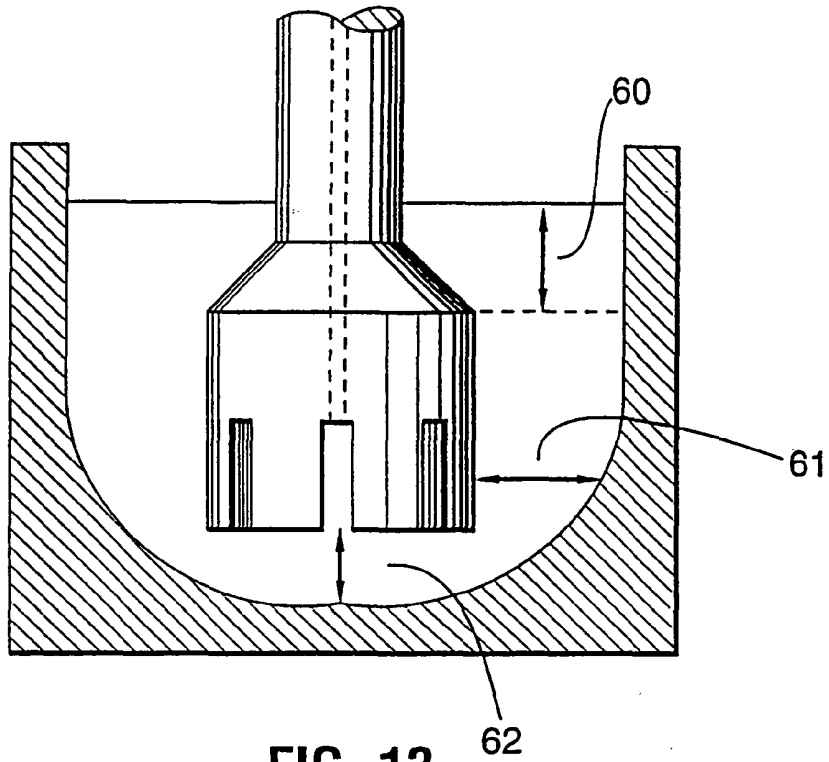


FIG. 13

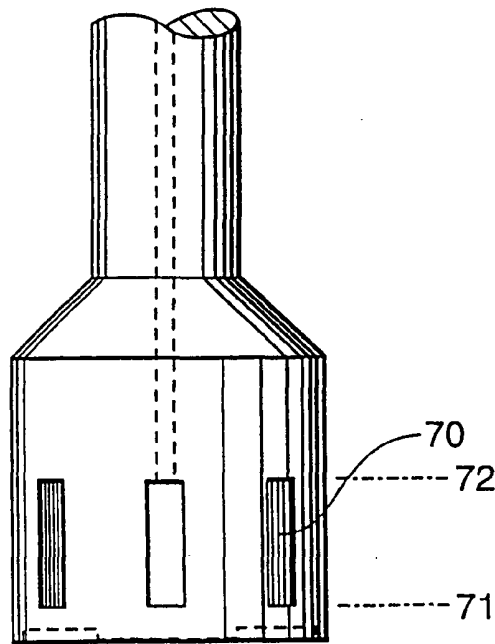


FIG. 14

10/12

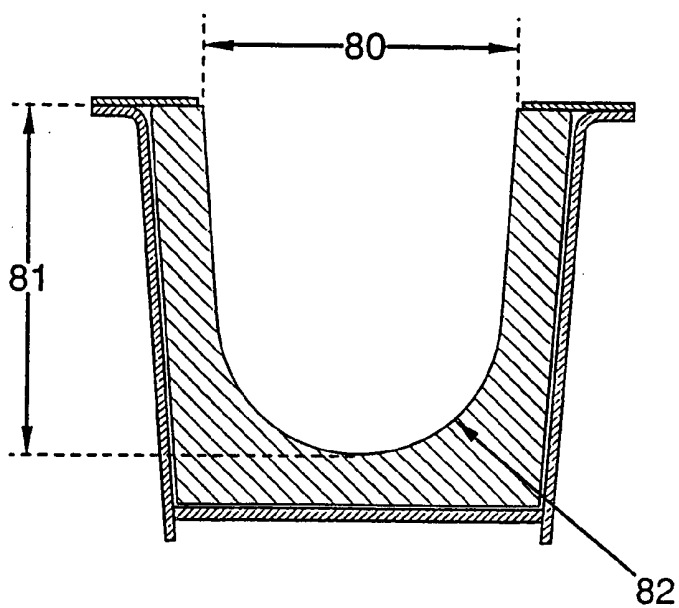


FIG. 15

11/12

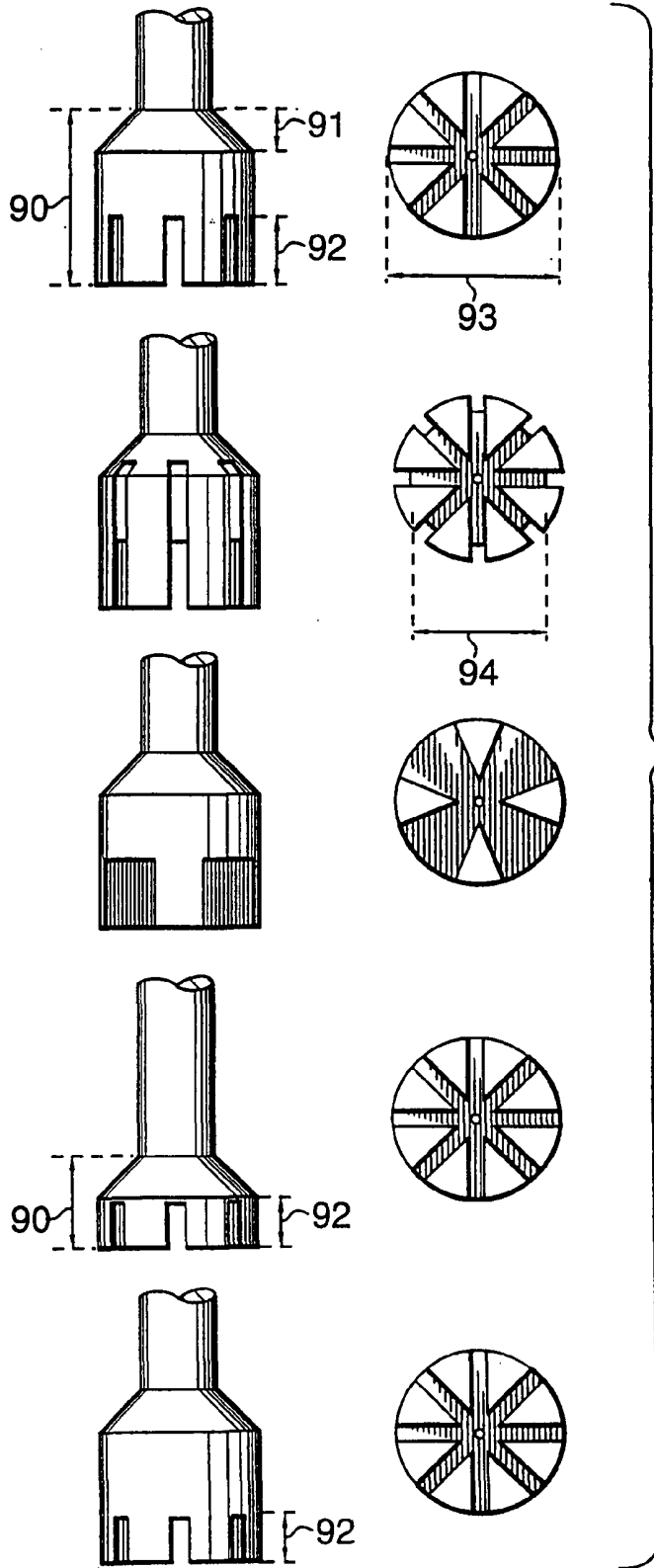
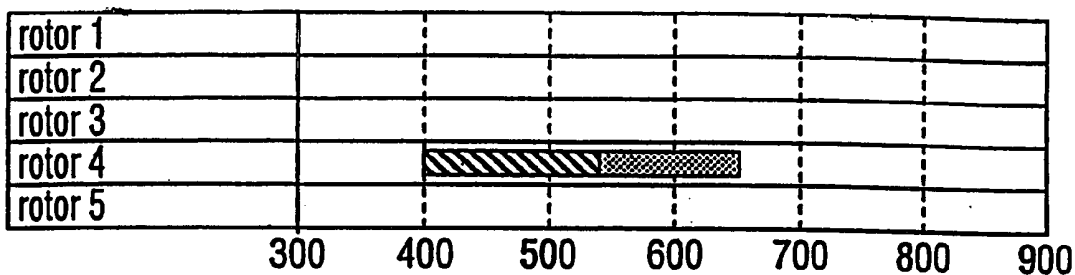


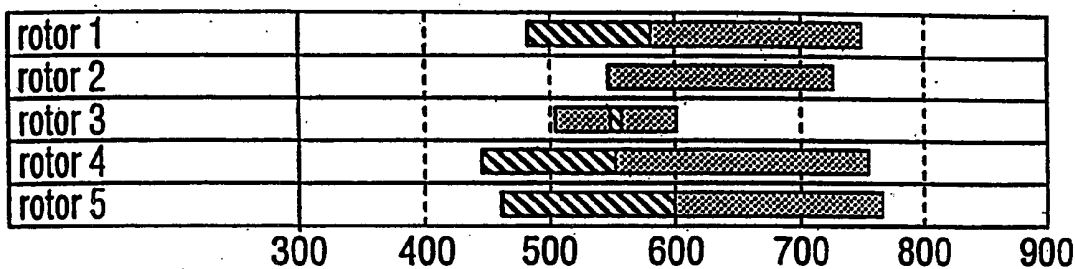
FIG. 16

12/12

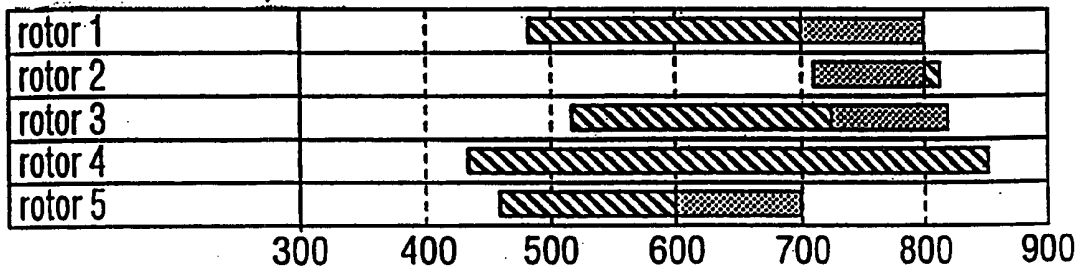
NEDDYKNING = 4,5 cm



NEDDYKNING = 7,0 cm



NEDDYKNING = 9,5 cm



HASTIGHET (OPM)

FORETRUKKET

TILFREDSSTILLENDEN

FIG. 17