



(12) PATENT

(19) NO

(11) 331635

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

G01F 1/76 (2006.01)

G01F 1/00 (2006.01)

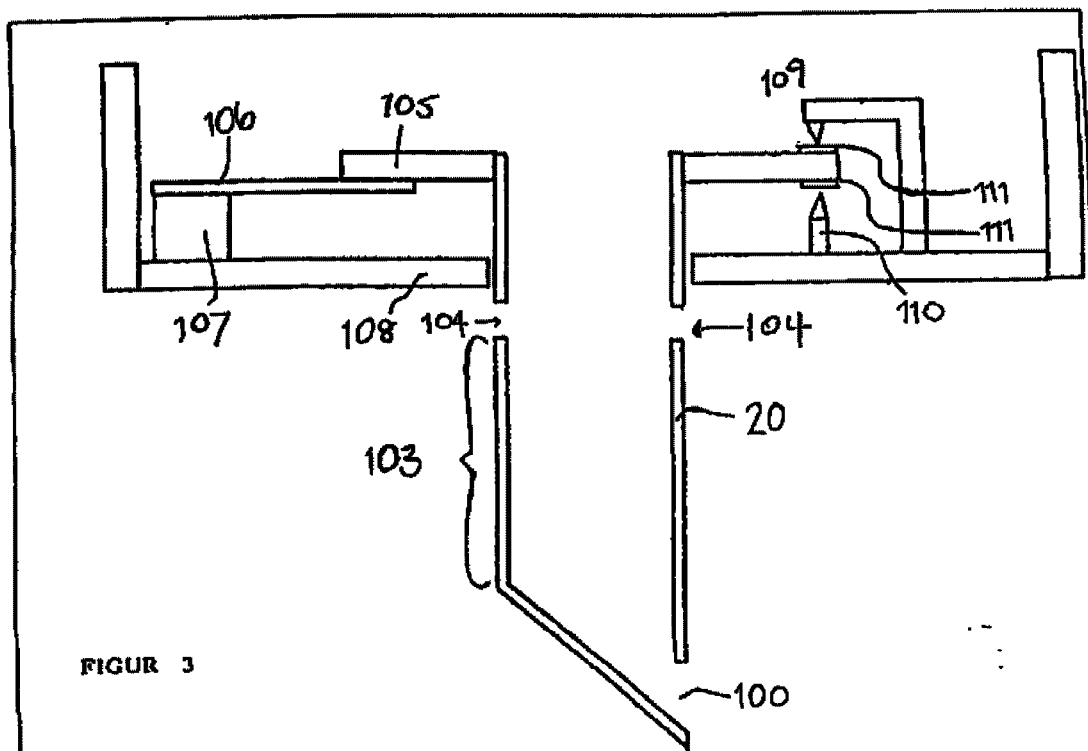
C22B 21/00 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20014610	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2000.03.24 PCT/AU2000/00254
(22)	Inng.dag	2001.09.21	(85)	Videreføringsdag	2001.09.21
(24)	Løpedag	2000.03.24	(30)	Prioritet	1999.03.24, AU, 21347/99
(41)	Alm.tilgj	2001.11.13			
(45)	Meddelt	2012.02.13			
(73)	Innehaver	Auckland UniServices Ltd, UniServices House, 58 Symonds Street, Auckland 1001, New Zealand Comalco Aluminium Ltd, 15th Floor, 12 Creek Street, Brisbane, Qld 4000, Australia			
(72)	Oppfinner	Barry John Welch, Auckland, New Zealand Evan William Andrews, South Launceston, Tas, Australia			
(74)	Fullmektig	Håmsø Patentbyrå ANS, Postboks 171, 4302 SANDNES, Norge			

(54)	Benevnelse	Måling og styring av strømmen av flytbare materialer
(56)	Anførte publikasjoner	US 4490077 A, US 5435189 A, FR 2572520 A1
(57)	Sammendrag	

En fremgangsmåte for å bestemme en innstrømningsmengde ($F_{inn_strøm}$) for et flytbart materiale, hvilken fremgangsmåte innbefatter å sende en innløpsstrøm av flytbart materiale gjennom et kammer (20) med en utløpsåpning (100); å måle en første hastighet ved hvilken mengden av materiale i kammeret (20) endrer seg når materialet kommer inn ved nevnte innstrømningsmengde; å måle en andre hastighet ved hvilken mengden av materiale i kammeret (20) endrer seg når det ikke kommer noe materiale inn i kammeret (20); og å beregne innstrømningsmengden ($F_{inn3trBm}$) ut fra nevnte første og andre hastigheter, hvor begge hastighetsmålinger utføres mens hele utløpsåpningen (100) i kammeret (20) er fylt av det flytbare materiale.



MÅLING OG STYRING AV STRØMMEN AV FLYTBARE MATERIALER

Den foreliggende oppfinnelse vedrører fremgangsmåter og en innretning for overvåking og styring av strømmen av flytbare materialer som for eksempel sand, grus eller væsker. Den foreliggende oppfinnelse vedrører spesielt en fremgangsmåte for overvåking og kalibrering av kontinuerlige, halvkontinuerlige eller sprangvise matesystemer for levering av kornete eller pulveriserte frittflytende materialer ved kjente massematerater.

Som brukt i dette skrift, er et flytbart materiale et materiale som kan flyte under påvirkning av gravitasjon, blant annet væsker som for eksempel vann eller sirup, og faste stoffer, idet vesentlige tørre partikkelmaterialer som for eksempel sand, grus eller alumina.

Aluminiumsindustrien har fungert som stimulus for dette arbeid. Aluminiumsindustrien har utviklet seg i tiden som er gått siden den elektrolytiske reduksjonsprosess ble utviklet av Hall og Héroult i 1888. Måten alumina tilføres smeltecellene på, er ett bestemt område innenfor hvilket industrien har gjennomgått vesentlige endringer. Forandringer i aluminamateteknologien har akselerert siden 1960, da størrelsen på cellene økte til over 100 000 ampere, og miljøkrav forbundet med veksten i denne industrien førte til at cellene måtte lukkes inne så langt som mulig. Mekaniske, automatiserte systemer har måttet vike for punktmatere hvor små mengder (typisk i området 0,5 til 3 kg) alumina mates gjennom skallet på cellen ved bruk av et hull som er blitt laget ved hjelp av en skallknuser. Dette har forandret smelting fra en halvveis satsvis prosess til en mer kontinuerlig prosess.

Nyere trender innenfor smelteindustrien når det gjelder å forbedre energieffektiviteten og cellenes ytelse, har resultert i at elektrolytten er blitt modifisert til sammensetninger som gir lavere løselighetsområder for den tilsatte aluminiumoksid. Derfor har prosessen, selv med de små tilførsler som er mulige med punktmatere, en tendens til periodisk eller kontinuerlig å danne en opphopning eller slurry av uoppløst alumina og elektrolytt som synker til et område som ikke kan nås under det flytende metall. Dette forårsaker forstyrrelser i driften. Det oppstår et underskudd på tilgjengelig alumina på grunnlag av den antatte mating kontra den faktiske tilførsel. Energieffektiviteten blir også dårligere på grunn av den ekstra motstand som dannes av materialet som ligger under den flytende metall-katode.

Studier av aluminaoppløsning har fastslått at dannelsen av bunnfall reduseres til et minimum når alumina tilføres så langsomt som mulig, noe som derved tyder på at kontinuerlig tilførsel vil muliggjøre bedre celleytelse. I overensstemmelse med dette beskriver amerikansk patent nr. 5 476 574, utstedt til Comalco Aluminium Ltd, en kontinuerlig mater for tilførsel av alumina til elektrolysecellen. Innretningen baserer seg på styring av tverrsnittsarealet av en åpning gjennom hvilken pulveret strømmer ved hjelp av et tilkoplede pneumatisk lineært posisjoneringsverk. Hovedulempen ved denne mater er at den er ufølsom overfor forandringer i strømmen av og de fysiske egenskaper hos aluminaen. Systemet gir ingen informasjon tilbake som enten kan identifisere eller selvkorrigere forandringer som for eksempel i aluminaens egenskaper, hvilke forandringer endrer massestrømningsrateforholdet og derfor reduserer de potensielle fordeler ved kontinuerlig mating.

Alle tidligere matesystemer har vært basert på volumetriske målinger, og disse har begrenset nøyaktighet på grunn av at tetthetene til partikkelmaterialer typisk kan variere med 10%. Selv om anvendelse av volumetriske målinger på kontinuerlig mating av alumina har gitt et potensial for betydelig forbedring i matingsnøyaktighet, er feedbackinformasjonen treg, og korreksjonene dermed ikke optimale. Spesielt gjør mangelen på følsomhet overfor blokkeringer fra svært store partikkelmaterialer det ønskelig å inkorporere et system for måling av massestrømning.

New Zealand-patent 234 570, utstedt til DSIR Industrial Development, beskriver en spaltestrømningsmåler for måling av massestrømningsrater for faste stoffer. Denne innretning består av et kammer med en lukket bunn og én eller flere i det vesentlige vertikale spalter i sidene. Partikulære faststoffer sendes gjennom kammeret på en slik

måte at bare en del av en total spaltelengde fylles av det flytbare materiale (derav uttrykket "åpen spalte"). I dette "åpne spalte"-arrangement vil partikulære faststoffer eller flytbare materialer i sin alminnelighet som føres inn i kammeret, ha en tendens til å strømme ut gjennom spaltene ved en rate som er proporsjonal med høyden av faststoff i spaltene. Massestrømningsraten som indikeres ved en gitt høyde, avhenger av partikkelegenskaper, deriblant romdensitet. Det er vanligvis uhensiktsmessig å måle høyden av strømmende faststoffer ved spaltene, og derfor brukes en masseavsøkende innretning for å bestemme massen av faste stoffer i kammeret. Teoretiske forhold mellom massen av faste stoffer i kammeret og massestrømningsraten av faste stoffer er blitt beskrevet, spesielt i overgangsfyllings- og tømmodus.

En vesentlig ulempe ved å bruke denne "åpen spalte"-fremgangsmåte i visse omgivelser er at det kreves en meget kompleks massebestemmelsesanordning for å bestemme massen av materiale i strømningsmåleren. Spesielt når fremgangsmåten anvendes med den elektrolytiske reduksjonsprosess, må komponentene i massemålingsanordningen være i stand til å motstå høye temperaturer, elektromagnetisk interferens og forstyrrelser i radiofrekvenser.

Ifølge NZ 234 570 og andre publikasjoner om spaltestrømningsmåleren er det et tilnærmet lineært forhold mellom massen av materiale i kammeret i spaltestrømningsmåleren og høyden av materiale i kammeret. Dette forholdet er imidlertid bare omtrentlig, og utenforstående faktorer kan resultere i vesentlige uoverensstemmelser mellom gjennomstrømningsraten som beregnes ved hjelp av spaltestrømningsmåleren og den faktiske gjennomstrømningsrate. For eksempel er forholdet ved bruk av kjente spaltestrømningsmålere ikke direkte proporsjonalt ved lave gjennomstrømningsrater, og det er derfor et visst avvik mellom gjennomstrømningsmengden som beregnes ved hjelp av spaltestrømningsfremgangsmåten og den faktiske gjennomstrømningsrate. Følgelig er det ønskelig å ha en andre, pålitelig kilde til informasjon for å kalibrere spaltestrømningsmåleren, eller alternativt en helt annen teknikk som ikke er gjenstand for de unøyaktigheter som gjelder for den ovenfor beskrevne spaltestrømningsmåler.

I omgivelser av den type hvor alumina-reduksjonsprosessen utføres er det ingen enkel sak å sette opp et system for nøyaktig registrering av materialstrømningen. Det er ofte meget begrenset med plass tilgjengelig for plassering av utstyr mellom lagertanken og smeltecellen. I tillegg må alt utstyr som installeres være i stand til å motstå høye temperaturer, elektromagnetisk interferens og forstyrrelser i radiofrekvenser.

Dersom det er ønskelig med en helt annen teknikk, ville dette system også måtte innbefatte komponenter som er i stand til å motstå ovennevnte forhold. Optiske deformasjonsmålertransducere kan benyttes for å måle mengden av materiale i spaltemålersystemet under disse forhold, men disse er komplekse og dyre, og koster mellom \$7000 og £10000. I et nytt system ville det være ønskelig med en alternativ massemåleranordning som koster mindre.

Det kjente spaltestrømningsmålersystem krever ingen forhåndskunnskaper om materialet som leveres. Dersom materialets flyteegenskaper forandrer seg i vesentlig grad, kan imidlertid uttrykket mellom masse og massestrømningsraten av faste stoffer også endre seg. Slike forandringer er kjent for å opptre hyppig i alumina gjennom segregasjon, variasjoner i partikkelstørrelsesfordeling og andre parametere. Dette resulterer i kalibreringsbegrensninger i systemet, hvilke igjen begrenser nøyaktigheten ved lave gjennomstrømningsrater. Følgelig er det et formål med den foreliggende oppfinnelse å fremskaffe en fremgangsmåte for kalibrering av strømningsmåleren, eller en annen fremgangsmåte for å bestemme massestrømningsraten.

Fra amerikanske patentsøknader 4490077 og 5435189, samt fransk patentsøknad 2572520, er det kjent fremgangsmåter for å bestemme en innstrømningsrate av flytbart materiale.

Det er et formål med denne oppfinnelse å fremskaffe en bedre fremgangsmåte og innretning for måling og styring av leveringen av flytbare materialer, eller i det minste å gi publikum et nyttig valg.

Ifølge den foreliggende oppfinnelse er det fremskaffet en fremgangsmåte for å bestemme innstrømningsraten ($F_{\text{innløp}}$) for et flytbart materiale, hvilken fremgangsmåte omfatter følgende trinn:

- (a) å sende en innløpsstrøm av flytbart materiale gjennom et kammer med en utløpsåpning i én ende;
- (b) å måle en første endringsrate av mengden med materiale i kammeret når materialet kommer inn ved nevnte innstrømningsrate;

(c) å måle en andre endringsrate av mengden materiale i kammeret når det ikke strømmer noe materiale inn i kammeret; og

(d) å beregne innstrømningsraten $F_{\text{innstrøm}}$ på grunnlag av nevnte første og andre rater;

5 hvor trinn (c) og (d) gjennomføres mens hele utløpsåpningen i kammeret er fylt av det flytbare materiale, kjennetegnet ved at utløpsåpningen har et tverrsnittsareal som er slik at det flybare materiale ved bruk strømmer fra nevnte utløpsåpning ved en rate som er mindre enn den minste gjennomstrømningsrate som skal måles.

I motsetning til "åpen spalte"-arrangementet frembringes et "lukket åpning"- eller
 10 "lukket spalte"-strømningsmønster når hele åpningen eller spalten er fylt av strømmen av materiale. Med andre ord må høyden på det flytbare materiale ligge over det øverste punkt på (hver) utløps(avløps)åpning i kammeret ved gjennomføring av trinn (b) og (c). En gjennomstrømningsrate ved lukket åpning eller lukket spalte er tilnærmet konstant, slik at raten ved hvilken faststoff strømmer eller renner ut av en åpning
 15 kan beregnes ut fra stigningen på kurven for drenering av masse som en funksjon av tid.

Nærværende søker for foreliggende oppfinnelse har funnet at en forholdsvis enkel "to-punkts massemålings"-teknikk kan benyttes for å måle en innstrømningsrate for flytbart materiale, og at denne enkle teknikk kan brukes i et kalibreringssystem for å gi
 20 en enkel fremgangsmåte for kalibrering av et kontinuerlig matesystem. I en foretrukket utførelse av oppfinnelsen bruker fremgangsmåten for bestemmelse av en innstrømningsrate av flytbart materiale enkle og rimelige komponenter som kan motstå de høye temperaturer, den elektromagnetiske interferens og radiofrekvensforstyrrelsene som komponentene vil bli utsatt for i foretrukne anvendelser av denne teknikk,
 25 som for eksempel i prosessen for elektrolytisk reduksjon av alumina.

I motsetning til kjente spaltestrømningsmålere innbefatter denne foretrukne strømningsmåler ifølge den foreliggende oppfinnelse:

- et kammer gjennom hvilket det flytbare materiale kan passere, idet kammeret innbefatter en utløpsåpning i en nedre ende og en vegg som avgrenser et lukket område ovenfor nevnte utløpsåpning, hvor veggdimensjonene er slik at gjennom-
- 30

strømningsrater kan måles mens hele utløpsåpningen i kammeret er fylt av flytbart materiale, og hvor kammeret videre omfatter utløpsåpninger utenfor det lukkede området i kammeret.

5 Spaltestrømningsmåleren ifølge den foreliggende oppfinnelse kan enten være en modifisert utgave av spaltestrømningsmåleren ifølge NZ 234 570, eller den kan være en strømningsmåler som ikke er kjennetegnet av en vertikal, langstrakt spalte.

10 I motsetning til kjente spaltestrømningsmålere innbefatter begge typer strømningsmålere ifølge den foreliggende oppfinnelse en vegg som avgrenser et lukket område over utløpsåpningen som har dimensjoner som er av en slik størrelse at det er mulig å måle gjennomstrømningsraten mens hele utløpsåpningen i kammeret er fylt av flytbart materiale (dvs. et "lukket spalte" eller "lukket åpnings"-område). Slike strømningsmålere kan derfor betjenes på en slik måte at det flytbare materiale som går inn i måleren, vil strømme ifølge prinsippene for en "lukket spalte"-måler.

15 Det er verdt å merke seg at "lukket åpning"-måleren ifølge den foreliggende oppfinnelse kan innbefatte et "åpen spalte"-område for betjening av måleren ved bruk av kjente "åpen spalte"-prinsipper. Imidlertid har det hittil ikke vært kjent å forsyne slike målere med et "lukket åpning" eller "lukket spalte"-område og kalibrere måleren ved henvisning til en kalibreringssekvens for lukket åpning. Nærmere bestemt kan "lukket spalte"-teorien benyttes til å kalibrere strømningsmåleren, og deretter kan den faktiske gjennomstrømningsrate, målt ved hjelp av "åpen spalte"-fremgangsmåten for be-
20 regning av gjennomstrømningsrate, sammenlignes med den gjennomstrømningsrate som forventes ved den gitte strømningsinnstilling.

Ifølge en alternativ utførelse av oppfinnelsen har ikke strømningsmåleren en "åpen spalte"-funksjon. Med henvisning til denne bestemte foretrukne utførelse av oppfinnel-
25 sen har nærværende søker funnet at ved å kombinere denne "lukket spalte"-strømningsmåler med enkle måleinnetninger, er det mulig å oppnå en strømningsmåler for beregning av massestrømningsraten av faste stoffer for et flytbart materiale (på intermitterende basis), hvilken strømningsmåler er forholdsvis rimelig å installere og forholdsvis robust under de harde driftsforhold som man kan oppleve i den elektrolytiske reduksjonsprosess. Dermed kan flere ulemper forbundet med "åpen spalte"-
30 målere unngås.

Én hovedulempe forbundet med anvendelse av den kjente spaltestrømningsmåler innenfor aluminiumssmelteanvendelser som her unngås, gjelder det behov som i slike anvendelser eksisterer for å måle et bredt spekter av matehastigheter. For eksempel; for en 170 kA celle med fire mateinnretninger (hvor hver er forsynt med en strømningsmåler) leverer hver mateinnretning under normale driftsbetingelser alumina ved en rate på 5-9 g/s. Ved en anodeeffekt derimot (hvor det er nødvendig å mate alumina inn i cellen så fort som mulig), er det behov for en gjennomstrømningsrate på 35 g/s eller mer. Måling av hele spekteret på 0-40 g/s med den kjente spaltestrømningsmåler er vanskelig både ved høye og lave gjennomstrømningsrater. Som forklart ovenfor, er ikke spaltestrømningsmåleren spesielt nøyaktig ved lave gjennomstrømningsrater.

Strømningsmåleren som er utviklet ved den foreliggende søknad har også en fordel fremfor den kjente spaltestrømningsmåler ved at utløpsåpningen kan gjøres stor nok til å tillate passasje av overstørrelser. Kjente spaltestrømningsmålere krever derimot et relativt smalt spalteområde.

I tillegg kan høyden av enheten reduseres, siden strømningsmåleren ifølge den foreliggende oppfinnelse ikke krever et forholdsvis langt "åpen spalte"-område. Høyden av komponentene som brukes i en strømningsmåler i enkelte miljøer kan være kritisk når det gjelder å avgjøre om strømningsmåleren egner seg for en bestemt anvendelse. Følgelig er dette en betydelig fordel for strømningsmåleren ifølge én foretrukket utførelse av oppfinnelse, fremfor kjente spaltestrømningsmålere.

For eksempel når det gjelder aluminiumssmelteindustrien, brukes det flere strømningsmålere ved flere matepunkter for å mate alumina inn i én celle. Hver mateinnretning (og derfor hver strømningsmåler) som brukes, må ha kapasitet til å mate større mengder alumina enn gjennomsnittlig inn i cellen i tilfelle av at én eller flere av de andre mateinnretninger svikter. Som følge av dette vil nivået på spaltekapasitet ved drift for en "åpen spalte"-måler måtte være det dobbelte av normalt. Dette tilsvarer en "åpen spalte"-måler med en økt spaltehøyde, dersom det kreves at oppløsningsevnen for masse kontra massestrømningsrate skal være den samme. Alternativt, dersom det ikke er nok plass for den nødvendige økning i kammerhøyde, og det benyttes en bredere spalte, vil man gå på akkord med oppløsningsevnen.

Kammeret i strømningsmåleren ifølge den foreliggende oppfinnelse kan innbefatte én eller flere utløpsåpninger. I tilfelle av en flerhet av utløpsåpninger, er bunnen av kammeret formet for å muliggjøre jevn fordeling til hver av utløpsåpningene.

5 Utløpsåpningene over det lukkede området i kammeret gjør det mulig for overskuddsnivåer av flytbart materiale å passere gjennom strømningsmåleren.

I tilfellet der hvor strømningsmåleren ifølge den foreliggende oppfinnelse innbefatter en langstrakt spalte, kan den langstrakte spalte utgjøre utløpsåpningen, eller den kan finnes i tillegg til utløpsåpningen.

10 I tilfellet der hvor den langstrakte spalte finnes i tillegg til utløpsåpningen, er utløpsåpningen fortrinnsvis av en slik størrelse at den muliggjør passasje av overstørrelser som ikke kan gå ut av kammeret i strømningsmåleren gjennom den langstrakte spalte. Det foretrekkes også at utløpsåpningen er anbrakt med avstand til den langstrakte spalte. Selv om det ikke er nødvendig å rette inn utløpsåpningen og den langstrakte spalte vertikalt, er den langstrakte spalte i en foretrukket utførelse plassert med av-
15 stand vertikalt over utløpsåpningen.

Ifølge én foretrukket utførelse av oppfinnelsen innbefatter kammeret i strømningsmåleren ikke en langstrakt spalte av typen som gjør det mulig å beregne strømmingen av materiale gjennom måleren ved bruk av "åpen spalte"-målerberegninger. Ifølge denne foretrukne utførelse av oppfinnelsen har kammeret som det flytbare materiale kan
20 passere gjennom, i en nedre ende, en utløpsåpning med et tverrsnitt som gjør det mulig for materiale å renne ut av kammeret ved en rate som er lavere enn den minste gjennomstrømningsrate som skal måles.

Som vil bli forklart nærmere nedenfor, gjør det at strømningsmåleren har et kammer med denne konfigurasjon, det mulig å bruke en enkel to-massepunktsberegning for å
25 bestemme gjennomstrømningsraten for det flytbare materiale som strømmer gjennom kammeret.

Strømningsmåleren innbefatter fortrinnsvis en måleinnetning for måling av tiden det tar for massen av flytbart materiale i måleren å gå over fra en første masse til en andre masse. En hvilken som helst kjent anordning kan brukes for å påvise når mas-
30 sen har gått over fra en første masse til en andre masse.

Dette kan påvises ved å registrere en hvilken som helst målbar størrelse som varierer proporsjonalt med massen av materialet. For eksempel:

- faktisk masse kan måles,
- høyden på materialet i strømningsmåleren kan måles og omgjøres til en massemåling,
5
- utgangsspenningen fra trykk giveren i en trykkbelg kan måles, og den tilsvarende masse beregnes,
- kapasitansen i en parallelplatekondensator montert på utløpsspalten i veiekammeret kan måles, og en masse beregnes ut fra dette, eller
- 10 - kammerveggene kan bygges opp slik at de utgjør en parallelplatekondensator, og en masse kan beregnes på grunnlag av kapasitansen som måles i denne.

Måleinnretningen innbefatter fortrinnsvis en forskyvningsanordning som gjør det mulig for kammeret å bevege seg mellom en første stilling når det befinner seg en første masse av flytbart materiale i kammeret, og en andre stilling når det befinner seg en
15 andre masse av flytbart materiale i kammeret, og en tidtakingsinnretning (som for eksempel innbefatter en elektrisk krets) ved hjelp av hvilken tiden det tar for kammeret å bevege seg mellom nevnte første og andre stilling, måles. Forskyvningsanordningen kan være av en hvilken som helst dertil egnet type, og kan for eksempel innbefatte en karbonfiberbjelke eller en forspenningsanordning som for eksempel en fjær.
20 Som forklart ovenfor, foretrekkes det at måleinnretningen detekterer bevegelse mellom to enkeltstillinger som kun tilsvarer den første og andre masse.

Ifølge den foreliggende oppfinnelse er det fremskaffet en fremgangsmåte for å kalibrere raten ved hvilken flytbart materiale leveres fra en lagertank gjennom en strømningsreguleringsanordning, idet nevnte strømningsreguleringsanordning har flere innstillinger som regulerer raten av flytbart materiale som som strømmer ut fra
25 lagertanken, over et spekter av gjennomstrømningsrater, hvilken fremgangsmåte omfatter følgende trinn:

- (a) å beregne gjennomstrømningsraten for en første gjennomstrømningsrateinnstilling på strømningsreguleringsanordningen;
- (b) å beregne gjennomstrømningsraten for en andre gjennomstrømningsrateinnstilling på strømningsreguleringsanordningen; og
- 5 (c) å beregne et uttrykk for gjennomstrømningsrate som en funksjon av en innstilling på strømningsreguleringsanordningen.

Gjennomstrømningsratene for første og andre gjennomstrømningsrateinnstilling bestemmes fortrinnsvis ved hjelp av fremgangsmåten beskrevet i sin alminnelighet ovenfor.

- 10 Strømningsreguleringsanordningen innbefatter fortrinnsvis en strømningsreguleringsventil.

Strømningsreguleringsventilen kan være av en hvilken som helst egnet type. Uten noe ønske om å begrense oppfinnelsens ramme, kan strømningsreguleringsventilen ifølge en foretrukket utførelse av oppfinnelsen omfatte en plate med et regulérbart hull. Ved 15 å endre stillingen eller innstillingen av ventilen i forhold til et utstrømningspunkt i tanken, vil størrelsen på hullet og dermed gjennomstrømningsraten av faststoff bli endret.

Fremgangsmåten for kalibrering av raten ved hvilken flytbart materiale leveres fra en lagertank gjennom strømningsreguleringsventilen omfatter beregning av gjennomstrømningsraten ved en gjennomstrømningsrateinnstilling som svarer til maksimumsstrømningsraten og minimumsstrømningsraten. 20

Disse gjennomstrømningsrater bestemmes fortrinnsvis ved å bruke de fremgangsmåter som ovenfor beskrives i sin alminnelighet.

Ifølge den foreliggende oppfinnelse er det også fremskaffet en fremgangsmåte for 25 overvåking av et kontinuerlig matesystem for flytbare materialer som strømmer gjennom en strømningsreguleringsanordning med en flerhet av innstillinger, hvor nevnte fremgangsmåte omfatter:

- (a) å kalibrere raten ved hvilken flytbart materiale leveres til strømningsreguleringsanordningen, for å oppnå et uttrykk for gjennomstrømningsrate som en funksjon av innstilling på strømningsreguleringsanordningen;
- 5 (b) å innstille strømningsreguleringsanordningen på den innstilling som kreves for å oppnå en påkrevet gjennomstrømningsrate som beregnet ved hjelp av uttrykket for gjennomstrømningsrate som en funksjon av innstilling på strømningsreguleringsanordningen, og
- 10 (c) å recalibrere raten ved hvilken flytbare materialer leveres gjennom strømningsreguleringsanordningen, for å oppnå et recalibrert uttrykk for gjennomstrømningsrate som en funksjon av innstilling på strømningsreguleringsanordningen,
- hvor trinnene med å kalibrere og recalibrere utføres ved hjelp av fremgangsmåten anigtt ovenfor.

15 Rekalibreringstrinnet utføres fortrinnsvis når en gitt betingelse er oppfylt. Avhengig av hvilken fremgangsmåte for bestemmelse av gjennomstrømningsrate som benyttes i systemet, kan den gitte betingelse være én av mange hendelser. For eksempel kan betingelsen være at et forhåndsinnstilt tidsintervall har forløpt siden siste kalibrering eller recalibrering ble utført. Alternativt kan betingelsen være basert på en bestemt måleravlesning for gjennomstrømningsraten, gjort ved hjelp av en andre fremgangs-

20 måte for bestemmelse av gjennomstrømningsrate (f.eks. spaltestrømningsmålerfremgangsmåten). Et annet alternativ er når målesignalet går utover forhåndsbestemte grenser, for på denne måten å indikere en endring i materialets egenskaper, hvilken endring kan ha en effekt på massestrømningsraten.

Ifølge én utførelse av oppfinnelsen er den gitte betingelse som følger:

- 25 (i) at kravet til gjennomstrømningsrate har endret seg, og at den foregående gjennomstrømningsrate var maksimumsstrømningsraten; og
- (ii) at kravet til gjennomstrømningsrate har endret seg, at den nye påkrevde gjennomstrømningsrate ikke er maksimumsstrømningsraten, at innstillingen av strømningsreguleringsanordningen er forandret for å svare til den nye
- 30 påkrevde gjennomstrømningsrate, at gjennomstrømningsraten ved den nye

innstilling av strømningsreguleringsanordningen beregnes, og at den nye beregnede gjennomstrømningsrate ikke ligger innenfor et toleranseområde for gjennomstrømningsrate som forventes ved den nye innstilling av strømningsreguleringsanordningen.

5 Ifølge en alternativ utførelse av oppfinnelsen kan den gitte betingelse være at utløpsraten ved en gitt innstilling av strømningsreguleringsanordningen, målt ved hjelp av en andre fremgangsmåte for bestemmelse av gjennomstrømningsrate, ikke ligger innenfor et toleranseområde for den gjennomstrømningsrate som forventes ved den gitte innstilling av strømningsreguleringsanordningen.

10 Oppfinnelsen vil nå bli beskrevet nærmere med henvisning til de ledsagende tegninger, hvor:

Figur 1 viser den foretrukne form for forsøksinnretning ifølge oppfinnelsen;

Figur 2 er et tverrsnitt fra siden av én strømningsmåler ifølge oppfinnelsen;

15 Figur 3 er et skjematisk tverrsnitt fra siden av én foretrukket strømningsmåler ifølge oppfinnelsen;

Figur 4 er en skjematisk fremstilling av et eksempel på en roterende type matereguleringsystem;

Figur 5 er et eksempel på en matereguleringsskyver og hullformer i en roterende skive;

20 Figur 6 viser to tverrsnitt av én foretrukket form for strømningsmåler som anskueliggjort på figur 3;

Figur 7 viser to tverrsnitt av en alternativ form for strømningsmåler ifølge den foreliggende oppfinnelse;

Figur 8 viser fremgangsmåten for måling av en innstrømningsrate ifølge en foretrukket utførelse av oppfinnelsen;

Figur 9 viser resultater av et "lukket spalte"-kalibreringsforsøk ved bruk av strømningsmåleren som er vist på figur 6;

5 Figur 10 viser nøyaktigheten av resultatene av "lukket spalte"-kalibreringsforsøket;

Figur 11 er et blokkdiagram over et eksempel på en diagnostisk algoritme for fremgangsmåten som benytter strømningsmåleren vist på figur 7;

Figur 12 er en skjematisk graf som viser kalibreringssekvensresultatene oppnådd ved bruk av strømningsmåleren på figur 7;

10 Figur 13 er et blokkdiagram over et eksempel på en diagnostisk algoritme for fremgangsmåten som benytter strømningsmåleren vist på figur 6;

Figur 14 er en skjematisk graf som viser kalibreringssekvensresultatene oppnådd ved bruk av strømningsmåleren på figur 6; og

15 Figur 15 er en graf som viser innstillingen av den foretrukne matereguleringsskyver som er vist på figur 5, i forhold til gjennomstrømningsrate.

Gjennom illustrerende eksempel, og uten å begrense rammen eller omfanget av denne oppfinnelse, anvendes matesystemet ifølge denne oppfinnelse i dette skrift til kontinuerlig eller halvkontinuerlig mating av alumina til en elektrolysecelle for produksjon
20 av aluminium ved hjelp av Hall Hérault-prosessen. Oppfinnelsen har som følge den ønskede grad av nøyaktighet – i det minste i laboratorieforsøk. Selve cellen, med en stor kapasitet, er i stand til å jevne ut variasjoner i momentanstrømning, hvilke variasjoner forårsakes av at diagnoseprosedyrene fra tid til tid utfører selvkontroller.

Oppfinnelsen er et integrert system for kontinuerlig, halvkontinuerlig eller sprangvis
25 mating av pulvere og/eller kornete materialer eller lignende på en måte som er slik at

massestrømningsraten kan beregnes og rekalkibrering kan finne sted gjennom en kort strømningsinngrepssekvens.

I prinsippet innbefatter oppfinnelsen tre kombinerte moduler som styres ved hjelp av et dertil egnet logikksystem.

5 Den første modul er en lagertank eller matetrakt med en strømningsreguleringsanordning i bunnen. Strømningsreguleringsanordningen (eller strømningsreguleringsventilen) innbefatter enten en mekanisk tømmeinnretning som for eksempel en innsnevring
10 ringsventil, bånd-, roterende eller skruemater, eller en regulérbar utløpsåpning, som er den foretrukne mekanisme. Den regulérbare åpning posisjoneres ved hjelp av en egnet posisjoneringsanordning som kan veksle mellom flere ulike åpninger, eller alternativt en trinnløst stillbar åpning. Posisjoneringsanordningen kan for eksempel bestå
15 av en glidende eller roterende type aktuator. Denne matereguleringsmekanisme inkluderer også en av-stilling.

Idet det henvises til figurer 1, 2, 3, 4, og 8, viser henvisningstall 1 en trakt som skal
15 romme en beholdning av materiale 2 som strømmer ut fra trakten gjennom en bunnåpning 3. Bare på figurer 2 og 4 er en del av trakten vist.

Materiale strømmer ut fra matetrakten ved forhåndsinnstilte hastigheter via en matereguleringsanordning. Som et eksempel, og uten å begrense rammen av denne oppfinnelse, kan matereguleringsanordningen omfatte enten en regulérbar utløpsåpning
20 plassert over eller under bunnåpningen 3, eller en hensiktsmessig mekanisk tømmeinnretning innlemmet i bunnen av trakten, som for eksempel en innsnevringventil, bånd-, roterende eller skruemater.

Den regulérbare utløpsåpning kan som et eksempel innbefatte en hvilken som helst glidende, roterende eller strømningsbegrensende mekanisme for posisjonering av flere
25 åpninger med ulik størrelse eller forandring av størrelsen, formen eller virksomhetsgraden til en enkelt åpning ved utløpet fra trakten.

Den foretrukne matereguleringsanordning omfatter en reguleringsleide 4 som har strømningsreguleringsåpninger 5 av ulik størrelse plassert med avstand langs sin lengde, se figurer 4 og 5. Strømningsreguleringsåpningene befinner seg ved kjente
30 mellomrom langs lengden av reguleringsleiden. Styrt bevegelse ved hjelp av posisjo-

neringsanordningen muliggjør utstrømning av materiale ved diskrete gjennomstrømningsrater, avhengig av åpningens strømningssegenskaper for et gitt materiale. Bruk av en trinnløst stillbar åpning 39 langs lengden av sleiden, som vist på figur 5, vil kunne gi et spekter av mulige gjennomstrømningsrater. Reguleringsleiden plasseres under matetrakten i huset 13. Dette hus har et gjennomløp 14 som er rettet inn umiddelbart under traktens bunnåpning 3. Dermed vil materiale, dersom én av strømningsreguleringsåpningene 5, se figur 2, er rettet inn mellom bunnåpningen og gjennomløpet i huset, strømme fra trakten.

Som et eksempel, og uten å ville begrense rammen av denne oppfinnelse, kan rullelagre 12 være festet med jevne mellomrom langs lengden av huset for å anordne motstandsri bevegelse av reguleringsleiden i et horisontalt plan under trakten. Disse kulelagre kan også brukes til å opprettholde reguleringsventilens stilling i forhold til traktens bunnåpning, slik at det er minimal klaring til strømningsreguleringsåpningene, for derved å forhindre lekkasje. I anvendelser hvor for eksempel det målte materiale er ikke-slitende og fremmer sleidens frie bevegelse, kan det være mer fordelaktig å bytte ut, om ikke utelate, kulelagrene med en alternativ mekanisme.

Seks strømningsreguleringsåpninger er vist på figurer 4 og 5. Antallet åpninger eller typen åpningskonfigurasjon som velges, avhenger av den tiltenkte anvendelse. Som et eksempel, vil seks strømningsreguleringsåpninger kunne brukes ved kontinuerlig tilførsel av alumina til en elektrolysecelle for produksjon av aluminium gjennom elektrolyse av alumina oppløst i en elektrolyttsmelte. Åpninger vil kunne brukes for å undermate og overmate alumina ved hastigheter over og under standard eller ønsket matehastighet, i et forhold som gir den rette strøm over tid. Den største åpning er i stand til å levere alumina ved nominelt 500 % av den gjennomsnittlige matehastighet. Denne åpning er påkrevet for å kunne levere alumina i tilfelle av en anodeeffekt. Alternativt vil bruk av en trinnløst stillbar åpning 39 kunne gi matesystemet et spekter av mulig matehastigheter, med lignende ventilbevegelser. Som vist på figur 15, er gjennomstrømningsraten målt i et forsøk direkte proporsjonal med spaltens 29 stilling i forhold til den øvre utløpsåpning 114 for denne type ventil.

Et eksempel på en matereguleringsventil basert på en roterende skive er vist i detalj på figur 4. Rotasjonsbevegelse av skiven 40 om sin midtakse 41, orientert parallelt i forhold til bunnen av trakten, gjør det mulig å rette inn åpninger eller stillbare åpninger ved traktens utløpspunkt, for således å regulere strømmen av materiale inn i måleanordningen. Bruken av en trinnløst stillbar åpning 39 i stedet for en rekke åpninger

plassert med mellomrom på skivens ytterakse vil kunne gi et spekter av gjennomstrømningsrater, i motsetning til diskrete gjennomstrømningsrater. Anvendelse av en roterende reguleringsventil forventes å være gunstigere, idet den er enklere å vedlikeholde. En roterende reguleringsventil ville også være gunstig i situasjoner hvor det kreves en kompakt enhet på grunn av plassbegrensninger.

Dersom et slitende råstoff som for eksempel alumina, skal være i direkte kontakt med nøkkelkomponenter i ventilen, foretrekkes det at disse komponenter er laget av et dertil egnet slitebestandig materiale. Videre foretrekkes det at disse deler er enkle å skifte ut.

Bevegelse av ethvert system av åpninger for materegulering aktiveres ved hjelp av en hensiktsmessig posisjoneringsanordning. Som et eksempel, kan posisjoneringsanordningen innbefatte en hvilken som helst pneumatisk eller elektrisk, roterende, lineær eller skruetype aktuator som eventuelt kan ha tilbakeføringskapasitet.

Den foretrukne posisjoneringsanordning for sleide-matereguleringsanordningen omfatter en datastyrt pneumatisk eller elektrisk drevet lineær aktuator 6. En fjernkabel 8 kan benyttes for å plassere aktuatoren vekk fra et aggressivt miljø, som vist på figur 1. Aktuatoren innbefatter en lineær resistiv giver (ikke vist) for å fastlegge posisjonen til reguleringsgleiden. Dette system er i stand til å posisjonerer reguleringsventilen mindre enn 1 mm fra innstillingsverdien. Den lineære aktuator kan, ved drift i aggressive omgivelser som kan forringe ytelsen fra en lineær aktuator, eller i situasjoner hvor plassen er begrenset, stå i forbindelse med reguleringsgleiden via en fjernkabel 8 med koplinger 7. Fjernkabelen har en fleksibel innvendig kjerne 9 som beveger seg uavhengig av den utvendige mantel når den er klemt fast 10. Således behøver ikke den lineære aktuator befinne seg i samme plan som reguleringsgleiden.

Posisjoneringsanordningen for den roterende ventilsammenstilling som vist på figur 4, ville kreve enten en roterende aktuator festet til skivens midtre dreiepunkt eller alternativt en lineær aktuator koplet til ved skivens ytterkant.

Idet det henvises til figur 2, kan flytbart partikulært materiale som strømmer ut gjennom matereguleringsanordningen, enten mates direkte inn i målekammeret 20 eller sendes gjennom en hvilken som helst passende sikteanordning som for eksempel en

skråstilt selvrensende sikt 16. Figur 4 viser bruken av spaltestrømningsmåleren uten noen sikteinnetning før matning.

I en foretrukket utførelse av oppfinnelsen som er anskueliggjort på figurer 3, 6 og 8, er utløpsåpningen 100 fra kammeret 20 av en slik størrelse at det er mulig for over-
5 størrelser å passere gjennom. Faktisk er det en betydelig fordel ved den foreliggende oppfinnelse at kammeret gjør det mulig for overstørrelser å passere gjennom uten å påvirke kalibreringen av matesystemet eller massestrømberegningen.

Strømningsmåleren ifølge én foretrukket utførelse av den foreliggende oppfinnelse, hvilken utførelse er anskueliggjort på figurer 3, 6 og 8, innbefatter et kammer 20
10 gjennom hvilket flytbart materiale (alumina i særdeleshet) kan passere, idet kammeret 20 innbefatter en utløpsåpning 100 i en nedre ende og en vegg 102 som avgrenser et lukket område (eller et "lukket spalte"-område) over utløpsåpningen 100. Kammeret innbefatter også to utløpsåpninger 104 over det lukkede område 23 i kammeret 20.

15 Kammeret som er anskueliggjort på figurer 3 og 8, innbefatter én utløpsåpning. I en alternativ utførelse anskueliggjort på figur 6, innbefatter kammeret to utløpsåpninger mot (eller nærmere bestemt ved) sin nedre ende. Bunnen av kammeret som er vist på figur 6, er skråstilt ved en vinkel på 45 grader mot hver av de to utløpsåpninger 100. Denne konfigurasjon av kammerbunnen muliggjør en jevn fordeling av flytbart mate-
20 riale til hver av utløpsåpningene.

Idet det henvises til figur 3, viser denne måleanordningen ifølge en foretrukket utførelse av oppfinnelsen. Dette system innebærer at massen av faste stoffer i veiekammeret 20 måles ved to diskrete høyder som svarer til "lukket spalte"-området i strømningsmåleren.

25 Kammeret 20 i strømningsmåleren er plassert inne i kammerhus 105, som i sin tur er forbundet med en karbonfiberbjelke 106. Karbonfiberbjelken 106 bæres av en endeholder 107 som holder karbonfiberbjelken på avstand i forhold til stømningsmålerhuset 108.

Fjærbjelkeanordningen som er vist på figur 3, er forspent ved hjelp av en kjent masse
30 m_1 .

Massemålingsanordningen innbefatter også en øvre og nedre kontaktklemmer 109 og 110. En spenning tilføres over klemmene 109 og 110. Det område av kammerhuset 105 som kommer i kontakt med klemmene 109 og 110 er isolert ved hjelp av isolasjonsplater 111. Idet det henvises til figur 8, er betjening av dette av/på-
 5 kontaktarrangementet vist for et kammer 20 som fylles med faststoffer.

Den øvre klemme er i elektrisk kontakt med isolasjonsplaten 111 oppå kammerhuset 105 når kammeret er tomt. Dette har sin årsak i forspenningen av fjærbjelkeanordningen som beskrevet ovenfor. Den fysiske kontakt mellom terminal 109 og plate 111 brytes bare når massen av faststoffer inne i kammeret 20 overstiger m_1 . Elektrisk
 10 kontakt mellom den nedre terminal 110 og nedre plate 111 oppstår når massen av faststoffer inne i kammeret 20 er større enn eller lik massen m_2 . Følgelig er det, ved kun å registrere utgangstilstanden til hver av terminalene 109 og 110, mulig å bestemme tidspunktet ved hvilket elektrisk kontakt sluttes og brytes. Denne informasjon er alt som kreves for å kalibrere strømningsmåleren.

15 Ett alternativ til dette system er å anordne en optisk føler for å måle kammerets posisjon ved én av de to stillinger som svarer til de to materialmasser (m_1 og m_2) i kammeret. Et slikt optisk følersystem kan for eksempel innbefatte en lysstråle som blokkeres av kammeret når kammeret går ned under et punkt (som svarer til at det befinner seg m_1 i kammeret) og en annen lysstråle som blokkeres når kammeret går ned
 20 under et punkt tilsvarende m_2 . Denne anordning har den fordel at den unngår korrosjonskontakt mellom kontaktklemmene 109 og 110 og platene 111.

For strømningsmåleren ifølge den foretrukne utførelse av oppfinnelsen som er vist på figurer 3, 4 og 6, benyttes følgende fremgangsmåte for kalibrering ved bruk av den ovenfor beskrevne mekanisme for bestemmelse av to massepunkter.

25 Figur 9 viser kalibreringsforsøket med lukket åpning for en innkommende hovedstrøm av alumina på 5,1 g/s. Det bør bemerkes at figuren viser de fire punkter som oppnås ved hjelp av kalibreringsfremgangsmåten ifølge den foreliggende oppfinnelse, i tillegg til online massedata oppnådd via en annen teknikk for sammenligningsformål. Informasjonen som frembringes illustrerer det faktum at fyll- og tømmekurvene i "lukket
 30 åpning"-området av strømningsmåleren nesten er lineære, og derfor kan approksimeres ved hjelp av en rett linje mellom to punkter.

Online massedata ble kun registrert mellom grensene 90,5 g og 131,5 g, på grunn av at fjærbevegelsen av kammeret 20 ble begrenset av øvre og nedre kontaktpunkt for massemålingssystemet. Disse kontaktpunktgrenser tilsvarer "lukket åpning"-kalibreringsmassene, henholdsvis m_1 og m_2 .

- 5 Mengden av faste stoffer som strømmer inn i kammeret 20 kan bestemmes ut fra fyllekurvens stigning lagt til tømmekurvens absolutte stigning mellom m_1 og m_2 . Følgelig er det, ved å fylle og tømme kammeret for faststoffer fra m_1 til m_2 og deretter fra m_2 til m_1 og måle tiden det tar å gå mellom hvert massenivå, på en enkel måte mulig å beregne mengden av faste stoffer som strømmer inn.
- 10 Gjennomstrømningsratene for fylling og tømming ble beregnet ved bruk av henholdsvis ligninger 1 og 2,

$$F_{\text{fyll}} = (m_2 - m_1)/(t_2 - t_1) \quad \text{ligning 1}$$

$$F_{\text{tøm}} = (m_1 - m_2)/(t_4 - t_3) \quad \text{ligning 2}$$

$F_{\text{tøm}}$ er negativ (grafens stigning er negativ), og er alltid det på grunn av at $m_2 > m_1$.

- 15 Derfor er

$$\text{absolutt } (F_{\text{tøm}}) = (m_2 - m_1) / (t_4 - t_3).$$

Raten av alumina som strømmer inn i måleren, ble beregnet ved bruk av ligning 3.

$$F_{\text{innløp}} = F_{\text{fyll}} - F_{\text{tøm}}$$

$$= F_{\text{fyll}} + \text{absolutt } (F_{\text{tøm}})$$

$$20 \quad = (m_2 - m_1) \{ [1/(t_2 - t_1)] + [1/(t_4 - t_3)] \}$$

ligning 3

Ved å bruke "lukket åpning"-kalibreringsfremgangsmåten sammen med to-punkts massemålingsmekanismen, ble innstrømningsraten av primært alumina og en 60/40 vekt%-blanding av primært alumina/jernsand estimert innenfor +/- 6% av de faktiske verdier. Disse resultater, som er vist på figur 10, viser at strømningsmålingssystemet
5 ifølge den foreliggende oppfinnelse er uavhengig av:

- materialegenskapsfaktorer

- og innstrømningsraten.

Det kan også konkluderes at dette system fungerer uavhengig av målerblokkeringer, fordi "lukket spalte"-kalibreringsfremgangsmåten baserer seg på fyll- og tømmekur-
10 vene. Følgelig påvirkes begge kurver likt dersom en blokkering oppstår, og således utlignes nettoeffekten av forstyrrelsen.

Ved å benytte den ovenfor fremsatte teknikk for måling av gjennomstrømningsrate, kan en strømningsmåler av "lukket åpning"-typen kalibreres.

Sleiden 4 med en trinnløst stillbar åpning 39 anskueliggjort på figur 5, ble brukt i den-
15 ne teknikk.

Ventilen 4 ble stilt inn i stilling B, og tiden det tok for massen å stige fra m_1 til m_2 ble målt. Ventilen ble så stilt i stilling D (slik at strømmen av materiale inn i kammeret 20 ble brutt), og tiden det tok for massen å synke fra m_2 til m_1 ble målt. Gjennomstrømningsraten for ventilen ved stilling B (tilsvarende en maksimal gjennomstrømningsrate med unntak av anodeeffekt-strømningsraten) ble beregnet ved bruk av ligning 3.
20 Samme prosedyre ble så gjentatt for ventilen i stilling C (tilsvarende en minimal gjennomstrømningsrate med unntak av "av"-stillingen D). Ut fra disse to målinger ble det beregnet et uttrykk for gjennomstrømningsrate som en funksjon av innstillingen av ventilen (strømningsreguleringsanordningen).

25 "Lukket åpning"-kalibreringsfremgangsmåten kan også brukes til å kalibrere en modifisert spaltestrømningsmåler med et "lukket åpning"-område over spalten, hvor dette er av en størrelse som er tilstrekkelig til at "lukket spalte"-kalibreringsteknikken kan utføres før spalten "åpnes".

Figur 12 viser et kammer 20 som egner seg for bruk i denne utførelse av oppfinnelsen. Kammeret innbefatter to "lukket åpning"-områder 103. Det øvre område 103a er stort nok til at "lukket åpning"-kalibreringsfremgangsmåten kan utføres før materialnivået i kammeret faller under punkt 113.

- 5 I motsetning til utførelsen som er anskueliggjort på figurer 9 og 14, måles massen i kammeret for denne utførelse ikke ved hjelp av den enkle to-punkts massebestemmelses-anordning som er beskrevet ovenfor. I stedet benyttes et mer komplekst system av den type som benyttes i "åpen spalte"-fremgangsmåter for bestemmelse av gjennomstrømningsrater. Denne massebestemmelses-anordning beregner den faktiske materialmasse i kammeret 20.

Ved starten av kalibreringsprosedyren fylles kammeret 20 med det flytbare materiale (ved å åpne sleiden 4 til stilling A) til et nivå over det åpne spalteområde 102. Ved avbrudd i eller opphør av materialstrømmen inn i kammeret avtar massen av faste stoffer i kammeret etter hvert som materialet strømmer ut av spalten og utløpsåpning 100. Tidsintervallet ($t_6 - t_5$) for at materialmassen som strømmer ut av kammeret 20, skal gå fra en vilkårlig masse m_5 til en andre vilkårlig masse m_6 måles, og gjennomstrømningsraten $F_{tøm}$ (igjen et negativt tall, siden den andre masse er mindre enn den første) beregnes.

Ventilen settes så til ventilstilling C, og tidsintervallet $t_8 - t_7$ for at materialmassen skal gå fra en annen vilkårlig masse m_7 til en annen vilkårlig masse m_8 måles, og gjennomstrømningsraten F_{fyll} beregnes. Denne verdi er også negativ, som antydning gjennom grafens stigning.

Massestrømningsraten for innstrømningen av materialet ved stilling C beregnes ved hjelp av :

$$25 \quad F_{innstrøm} = F_{fyll} - F_{tøm} \text{ (hvor } F_{fyll} \text{ og } F_{tøm} \text{ er negative)}$$

$$= \text{absolutt } (F_{tøm}) - \text{absolutt } (F_{fyll})$$

Den samme prosedyre gjentas for ventilstilling B (dvs. gjennomstrømningsraten F_{fyll} ved ventilstilling B bestemmes og gjennomstrømningsraten $F_{innstrøm}$ ved ventilstilling B

beregnes ut fra dette og gjennomstrømningsraten $F_{t\text{ø}m}$). Basert på disse to gjennomstrømningsrater beregnes et kalibreringsuttrykk for gjennomstrømningsrate som en funksjon av ventilinnstilling.

5 De to kalibreringsteknikker ifølge de to ovenfor beskrevne alternative utførelser av oppfinnelsen kan benyttes til å overvåke og styre en kontinuerlig eller halvkontinuerlig fremgangsmåte for mating av flytbare materialer inn i for eksempel en elektrolytisk reduksjonscelle.

Ved å bruke kammeret ifølge utførelsen anskueliggjort på figurer 7 og 12, kan styringsstrategien som er fremsatt på figur 11, benyttes.

10 Ved å bruke kammeret ifølge utførelsen anskueliggjort på figurer 3, 6 og 7, kan styringsstrategien som er fremsatt på figur 13, benyttes.

Det vil være tydelig at aluminiumssmelteanvendelsen som henvises til, kun er én av mange anvendelser av en regulérbar kilde til faste, partikulære materialer. For eksempel vil oppfinnelsen kunne anvendes ved tilberedning av våt betong i en ferdigbetongfabrikk eller på et stort anleggsområde, eller den vil kunne anvendes ved fremstilling av gjødsel for landbruk, hvor ulike blandinger av superfosfat, kalkgjødsel og lignende blandes i henhold til den enkeltes behov. Væskestrømsovervåkningsaspektene vil kunne anvendes innen næringsmiddelindustrien, hvor viskøse oppløsninger som for eksempel sirup, leveres, men den vil også kunne levere matvarer som for eksempel erter.

15
20

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte for å bestemme en innstrømningsrate ($F_{\text{innstrøm}}$) av et flytbart materiale, hvilken fremgangsmåte omfatter følgende trinn:
 - (a) å sende en innløpsstrøm av flytbart materiale gjennom et kammer med en utløpsåpning i én ende;
 - (b) å måle en første endringsrate av mengden med materiale i kammeret når materialet strømmer inn ved nevnte innstrømningsrate;
 - (c) å måle en andre endringsrate av mengden med materiale i kammeret når det ikke strømmer noe materiale inn i kammeret; og
 - (d) å beregne innstrømningsraten $F_{\text{innstrøm}}$ ut fra nevnte første og andre rater;

- hvor trinn (c) og (d) utføres mens hele utløpsåpningen i kammeret er fylt av det flytbare materiale, k a r a k t e r i s e r t v e d at utløpsåpningen har et tverrsnittsareal som er slik at det flytbare materiale ved bruk strømmer fra nevnte utløpsåpning ved en rate som er mindre enn den minste gjennomstrømningsrate som skal måles.
2. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at den første endringsrate beregnes ved å måle tidsintervallet det tar for materialmassen å gå fra en første masse m_1 til en andre masse m_2 , og at den andre endringsrate beregnes ved å måle tidsintervallet det tar for materialmassen å gå fra en tredje masse m_3 til en fjerde masse m_4 .
3. Fremgangsmåte som angitt i krav 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at den fjerde masse er lik den første masse ($m_4 = m_1$), og at den tredje masse er lik den andre masse ($m_3 = m_2$).
4. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, 2 eller 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at trinn (b) utføres før trinn (c).
5. Fremgangsmåte som angitt i et hvilket som helst av kravene 1-4, k a r a k t e r i s e r t v e d at utløpsåpningen er én av flere utløpsåpninger, og at summen av tverrsnittsarealene av nevnte utløpsåpninger er mindre enn den minste gjennomstrømningsrate som skal måles.
6. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at kammeret innbefatter en langstrakt spalte.

7. Fremgangsmåte som angitt i krav 6, k a r a k t e r i s e r t v e d at den langstrakte spalte har dimensjoner som er slik at gjennomstrømningsraten av flytbart materiale, ved hjelp av en "åpen spalte"-fremgangsmåte, kan beregnes ved et annet tidsintervall enn tidsintervallet i trinn (b) og (c).
- 5 8. Fremgangsmåte som angitt i krav 7 eller 8, k a r a k t e r i s e r t v e d at utløpsåpningen anbringes med avstand til den langstrakte spalte.
9. Fremgangsmåte som angitt i krav 8, k a r a k t e r i s e r t v e d at kammeret er langstrakt i oppoverretningen, og at den langstrakte spalte anbringes med avstand til utløpsåpningen i lengderetningen.
- 10 10. Strømningsmåler for bruk i fremgangsmåten som angitt i et hvilket som helst av kravene 1-9, hvor strømningsmåleren innbefatter et kammer gjennom hvilket det flytbare materiale kan passere, idet kammeret innbefatter en utløpsåpning i en nedre ende og en vegg som avgrenser et lukket område ovenfor nevnte utløpsåpning, og hvor veggens dimensjoner er slik at gjennomstrømningsrater kan måles mens hele utløpsåpningen i kammeret er fylt av flytbart materiale,
15 k a r a k t e r i s e r t v e d at kammeret videre omfatter utløpsåpninger ovenfor det lukkede område i kammeret.
11. Strømningsmåler som angitt i krav 10, k a r a k t e r i s e r t v e d at kammeret innbefatter en bunn som er skrånende mot utløpsåpningen.
- 20 12. Strømningsmåler som angitt i krav 10 eller 11, k a r a k t e r i s e r t v e d at utløpsåpningen er én av flere utløpsåpninger, og at bunnen av kammeret er formet slik at den underletter en jevn fordeling til hver utløpsåpning.
13. Strømningsmåler som angitt i krav 10, 11 eller 12, k a r a k t e r i s e r t v e d at kammeret innbefatter en langstrakt spalte.
- 25 14. Strømningsmåler som angitt i krav 13, k a r a k t e r i s e r t v e d at utløpsåpningen utgjøres av den langstrakte spalte.
15. Strømningsmåler som angitt i krav 13, k a r a k t e r i s e r t v e d at utløpsåpningen er anbrakt med avstand til den langstrakte spalte.
- 30 16. Strømningsmåler som angitt i krav 15, k a r a k t e r i s e r t v e d at utløpsåpningen befinner seg i en nedre ende av kammeret, og at den langstrakte spalte er anbrakt med avstand i vertikalretningen ovenfor utløpsåpningen.

17. Strømningsmåler som angitt i et hvilket som helst av kravene 10-16, k a -
r a k t e r i s e r t v e d at utløpsåpningen er én av flere utløpsåpninger.
18. Strømningsmåler for å beregne gjennomstrømningsraten av et flytbart materia-
le, hvor strømningsmåleren innbefatter et kammer gjennom hvilket det flytbare
5 materiale kan passere, idet kammeret i en nedre ende har en utløpsåpning,
k a r a k t e r i s e r t v e d at utløpsåpningen har et tverrsnitt som
gjør det mulig for flytbart materiale å strømme ut av kammeret ved en rate som
er mindre enn den minste gjennomstrømningsrate som skal måles.
19. Strømningsmåler som angitt i et hvilket som helst av kravene 10-18, k a -
10 r a k t e r i s e r t v e d at strømningsmåleren innbefatter en måle-
anordning for måling av tiden det tar for massen av flytbart materiale i måleren
å gå fra en første masse til en andre masse.
20. Strømningsmåler som angitt i krav 19, k a r a k t e r i s e r t v e d at
måleanordningen innbefatter:
15 - en forskyvningsanordning som gjør det mulig for kammeret å bevege
seg mellom en første stilling når det befinner seg en første masse med flytbart
material i kammeret, og en andre stilling når det befinner seg en andre masse
med flytbart materiale i kammeret; og
- en tidtakeranordning ved hjelp av hvilken tiden det tar for kammeret å
20 bevege seg mellom nevnte første og andre stilling, måles.
21. Strømningsmåler som angitt i krav 20, k a r a k t e r i s e r t v e d at
måleanordningen detekterer bevegelse mellom to diskrete stillinger som kun
samsvarer med den første masse og den andre masse.
22. Fremgangsmåte for å kalibrere raten ved hvilken flytbart materiale strømmer ut
25 fra en lagertank gjennom en strømningsreguleringsanordning, idet nevnte
strømningsreguleringsanordning har flere innstillinger som regulerer raten av
flytbart materiale som strømmer ut av lagertanken over et spekter av gjennom-
strømningsrater, hvilken fremgangsmåte omfatter følgende trinn:
30 (a) å beregne gjennomstrømningsraten for en første gjennomstrømningsra-
teinnstilling på strømningsreguleringsanordningen;
(b) å beregne gjennomstrømningsraten for en andre gjennomstrømningsra-
teinnstilling på strømningsreguleringsanordningen; og
(c) å beregne et uttrykk for gjennomstrømningsrate som en funksjon av
innstilling på strømningsreguleringsanordningen, k a r a k t e r i s e r t

v e d at gjennomstrømningsratene for den første gjennomstrømningsrateinnstilling og den andre gjennomstrømningsrateinnstilling måles ved hjelp av fremgangsmåten angitt i et hvilket som helst av kravene 1-9.

- 5 23. Fremgangsmåte som angitt i krav 22, k a r a k t e r i s e r t v e d at den første og den andre gjennomstrømningsrateinnstilling er innstillingene for gjennomstrømningsrater beliggende mot maksimums- og minimumsendene av gjennomstrømningsrateområdet.
- 10 24. Fremgangsmåte som angitt i krav 22 eller 23, k a r a k t e r i s e r t v e d at gjennomstrømningsratene ved den første og den andre gjennomstrømningsrateinnstilling beregnes ved bruk av strømningsmåleren angitt i et hvilket som helst av kravene 18-21.
- 15 25. Fremgangsmåte for å overvåke et kontinuerlig matesystem for flytbare materialer som strømmer gjennom en strømningsreguleringsanordning med flere innstillinger, hvilken fremgangsmåte omfatter følgende trinn:
- (a) å kalibrere raten ved hvilken flytbart materiale strømmer ut til strømningsreguleringsanordningen, for å oppnå et uttrykk for gjennomstrømningsrate som en funksjon av innstilling på strømningsreguleringsanordningen;
- 20 (b) å innstille strømningsreguleringsanordningen ved den innstilling som kreves for å oppnå den påkrevde gjennomstrømningsrate som er beregnet ved hjelp av uttrykket for gjennomstrømningsrate som en funksjon av innstilling på strømningsreguleringsanordningen; og
- (c) å rekalkibrere raten ved hvilken flytbart materiale strømmer ut gjennom strømningsreguleringsanordningen, for å oppnå et rekalkibrert uttrykk for gjennomstrømningsrate som en funksjon av innstilling på strømningsreguleringsanordningen, k a r a k t e r i s e r t v e d at trinnene med å kalibrere og
- 25 rekalkibrere utføres ved hjelp av fremgangsmåten angitt i et hvilket som helst av kravene 22-24.
26. Fremgangsmåte som angitt i krav 25, k a r a k t e r i s e r t v e d at rekalkibreringstrinnet utføres ved oppfyllelse av en gitt betingelse.
- 30 27. Fremgangsmåte som angitt i krav 26, k a r a k t e r i s e r t v e d at den gitte betingelse er én av følgende betingelser:
- (i) at kravet til gjennomstrømningsrate har endret seg, og at den foregående gjennomstrømningsrate var maksimumsgjennomstrømningsraten; og
- (ii) at kravet til gjennomstrømningsrate har endret seg, at den nye påkrev-

de gjennomstrømningsrate ikke er maksimumsgjennomstrømningsraten, at innstillingen av strømningsreguleringsanordningen forandres for å samsvare med den nye påkrevde gjennomstrømningsrate, at gjennomstrømningsraten ved den nye innstilling av strømningsreguleringsanordningen beregnes, og at den nye beregnede gjennomstrømningsrate ikke ligger innenfor et toleranseområde for den gjennomstrømningsrate som forventes ved den nye innstilling av strømningsreguleringsanordningen.

28. Fremgangsmåte som angitt i krav 26, k a r a k t e r i s e r t v e d a t den gitte betingelse er:

(i) at utløpsraten ved en gitt innstilling av strømningsreguleringsanordningen, målt ved hjelp av en andre fremgangsmåte for bestemmelse av gjennomstrømningsrate, ikke ligger innenfor et toleranseområde for den gjennomstrømningsrate som forventes ved den gitte innstilling av strømningsreguleringsanordningen.

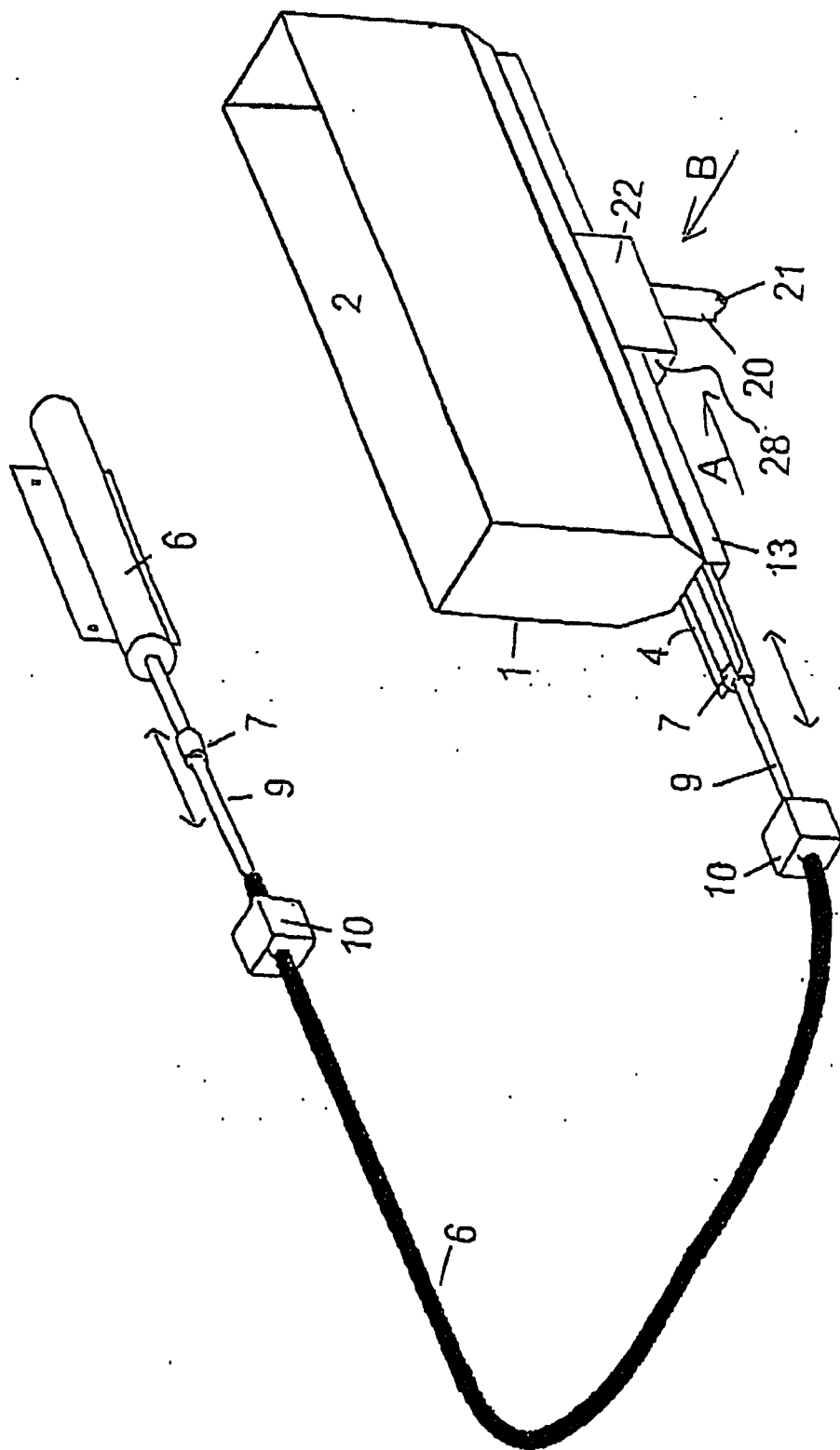
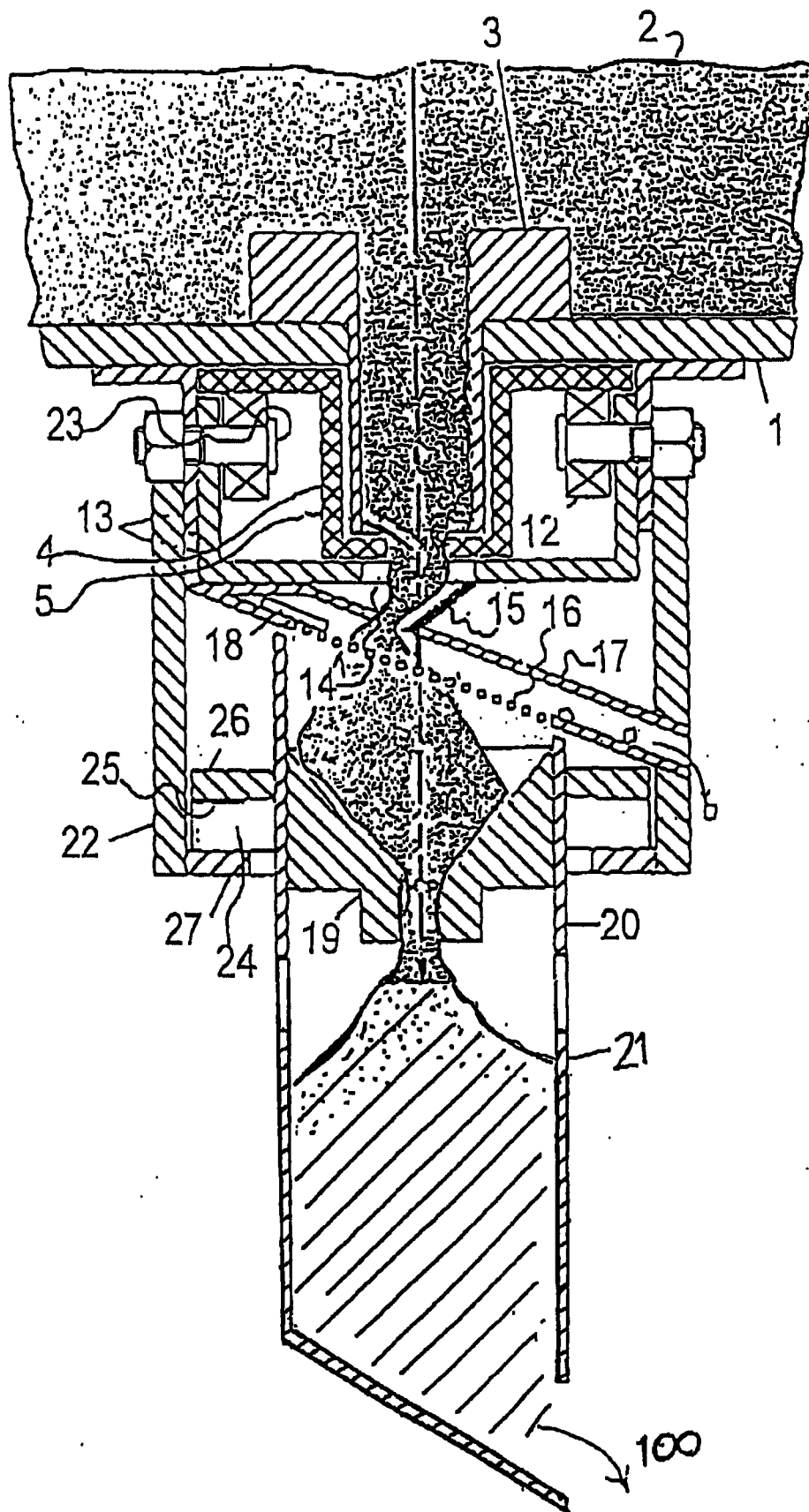
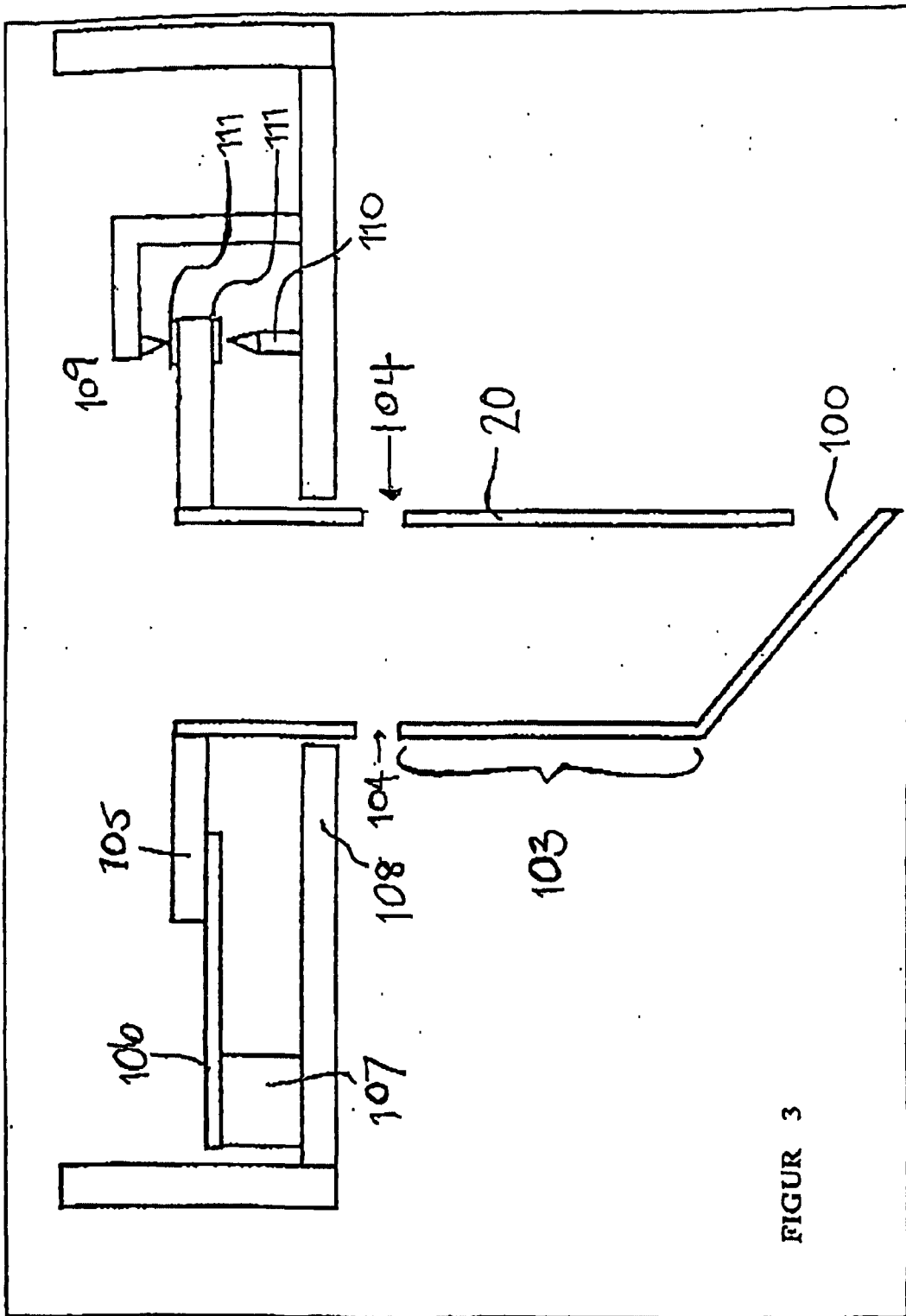


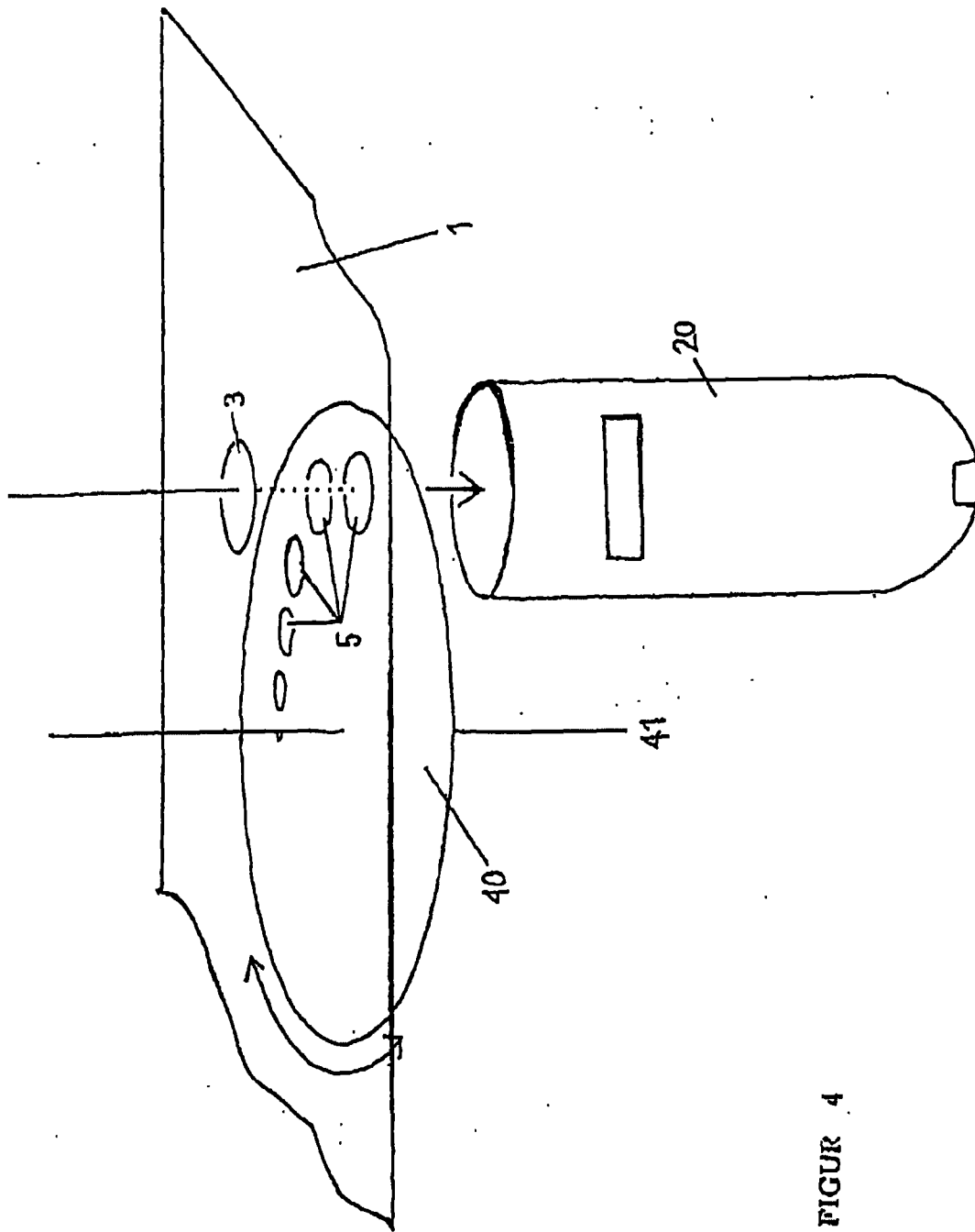
FIGURE 1

2/15

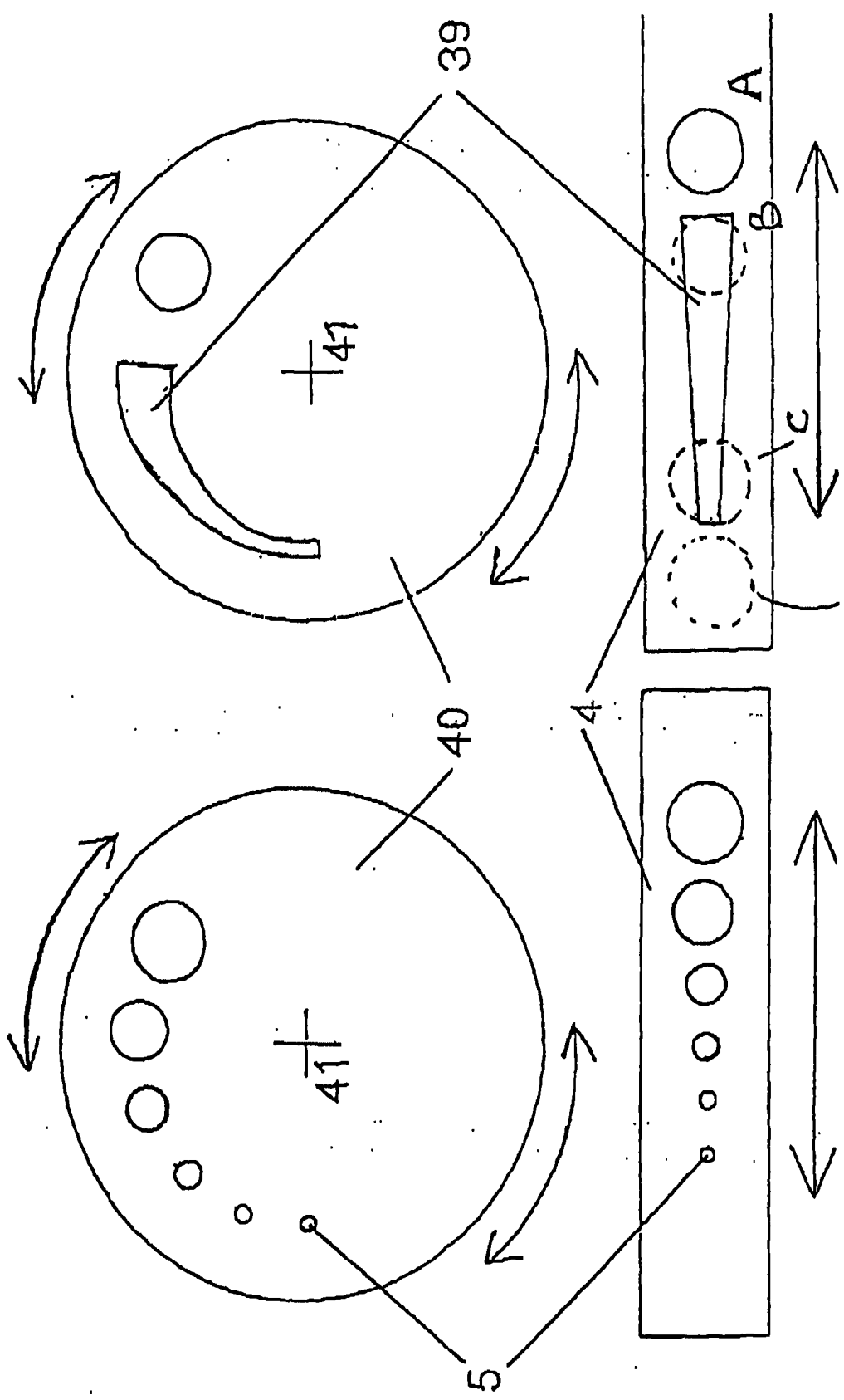




FIGUR 3

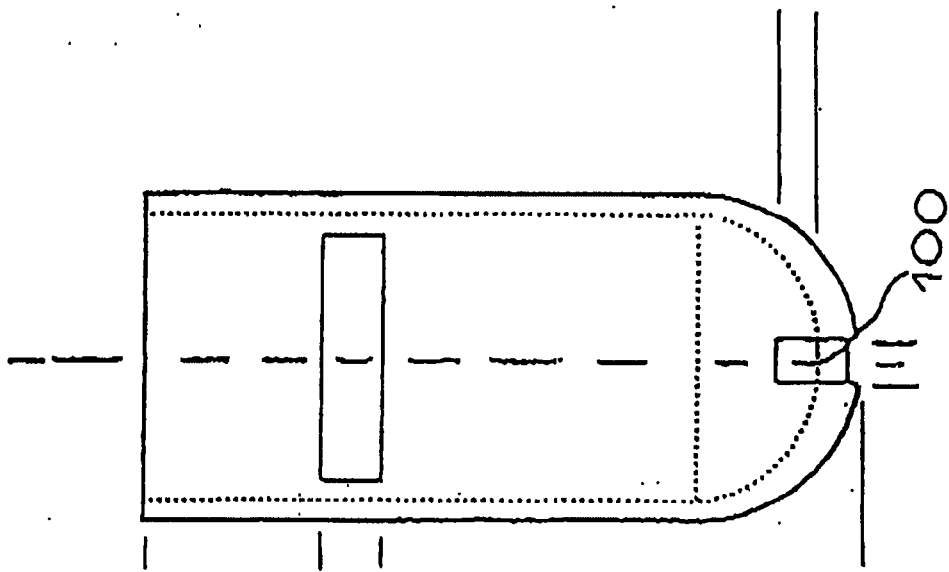
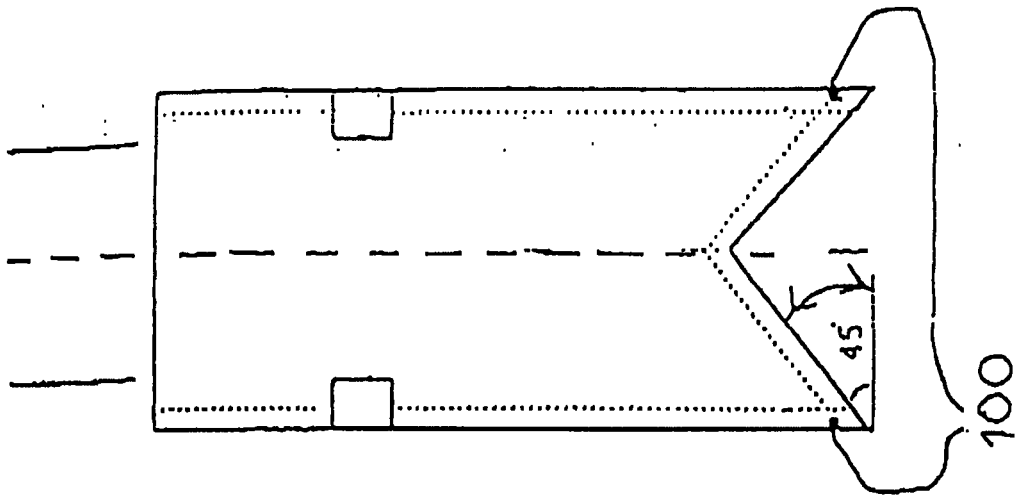


FIGUR 4



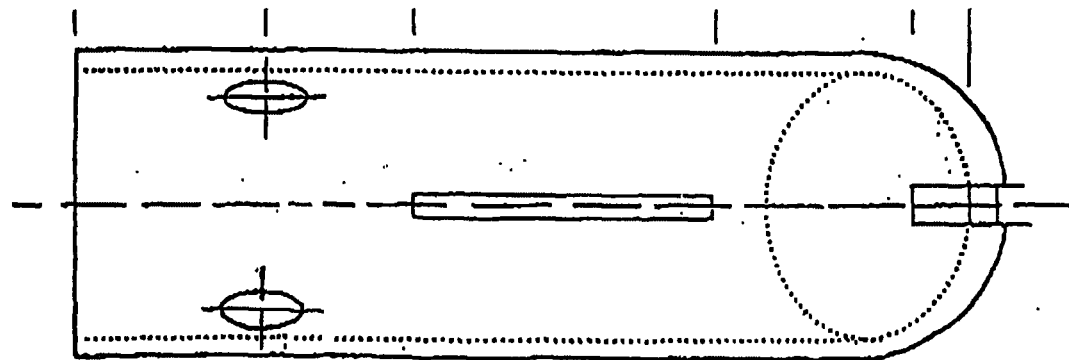
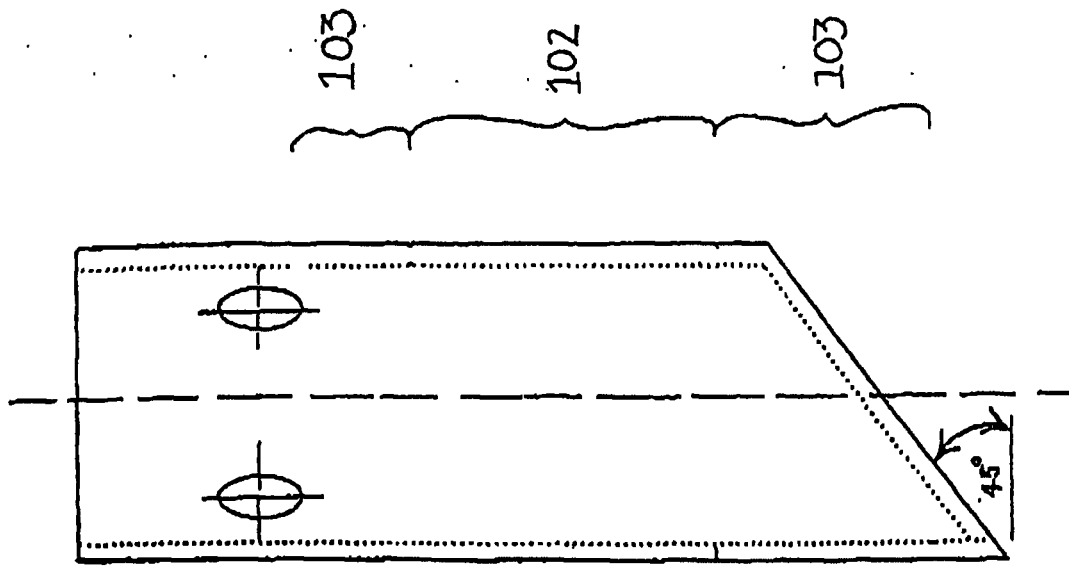
FIGUR 5

6/15



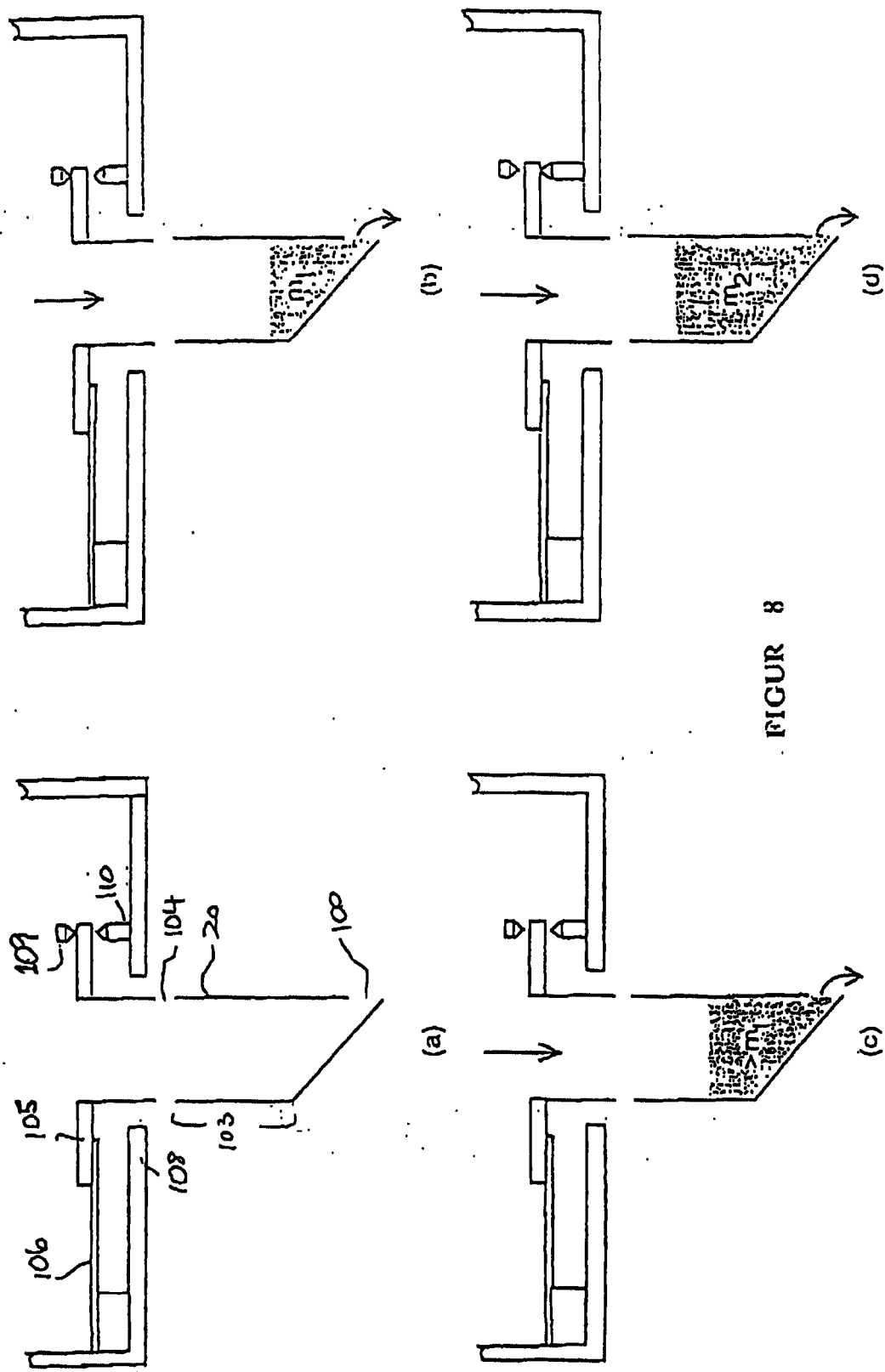
FIGUR. 6

7/15



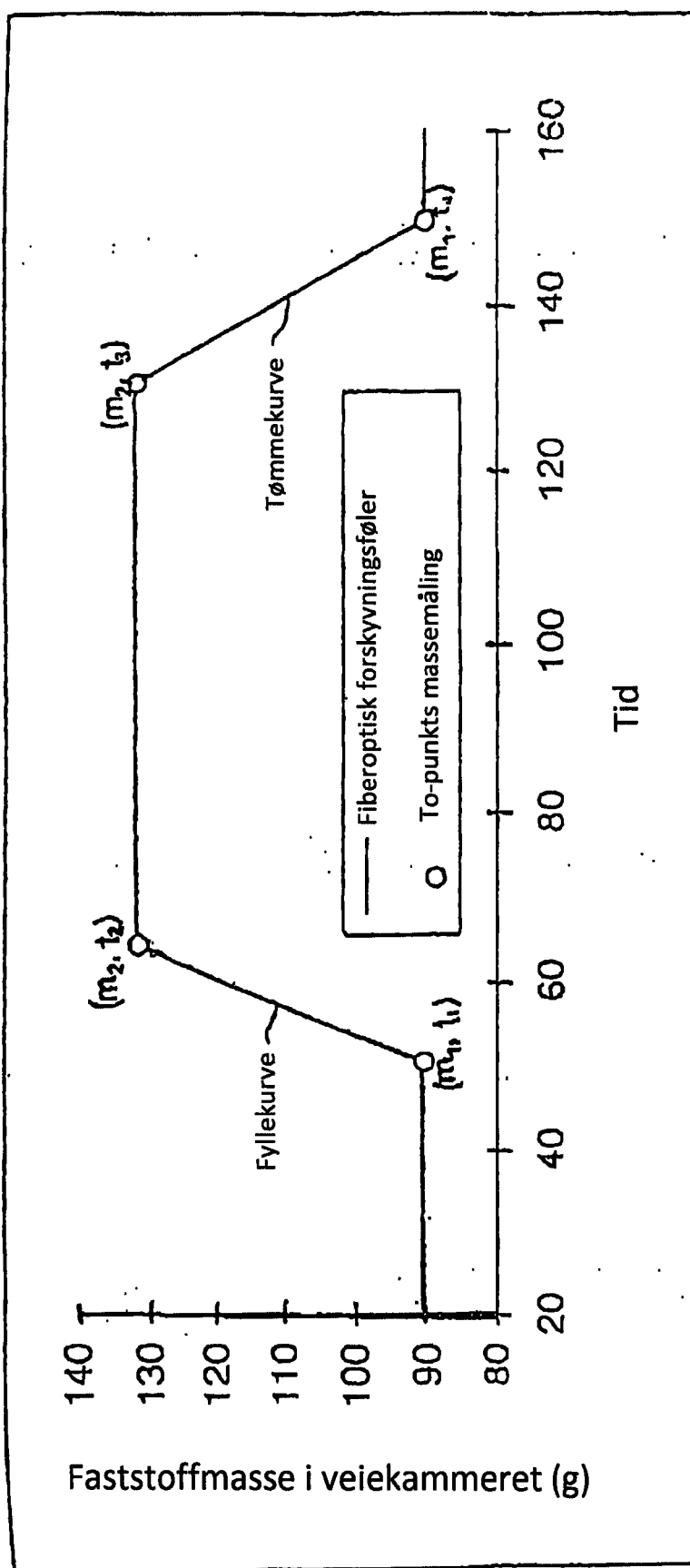
FIGUR 7

8/15



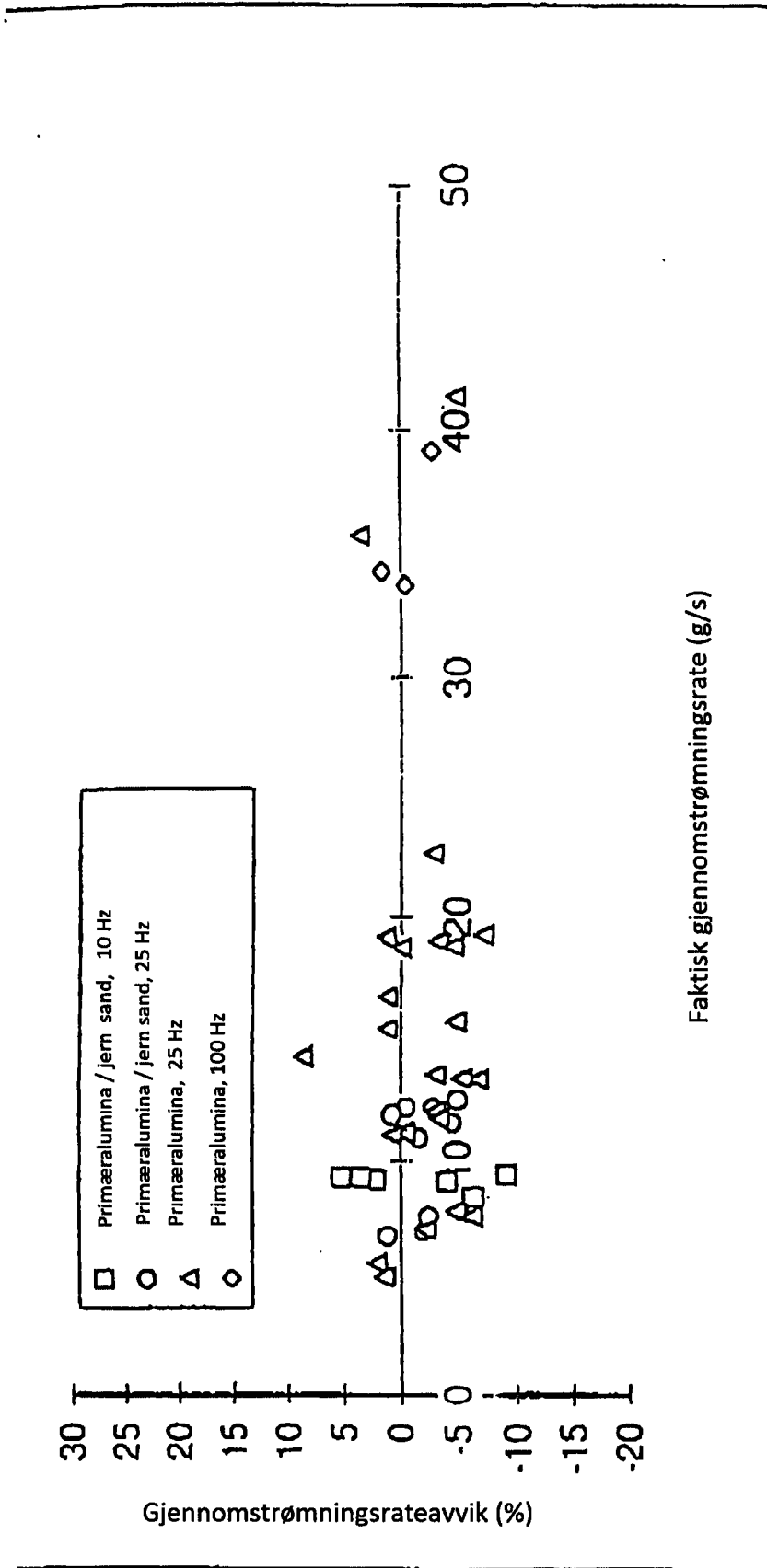
FIGUR 8

9/15



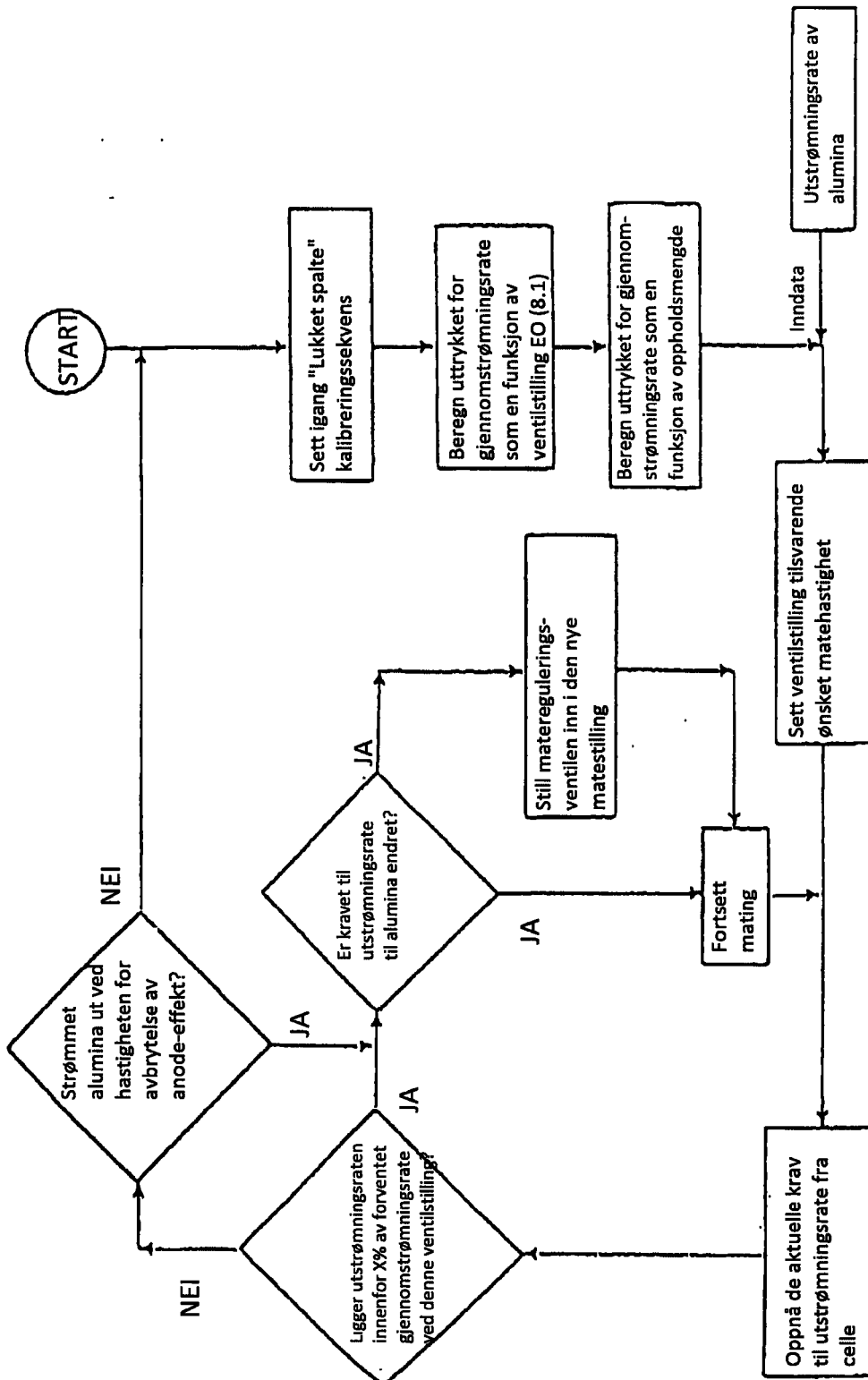
FIGUR 9

10/15



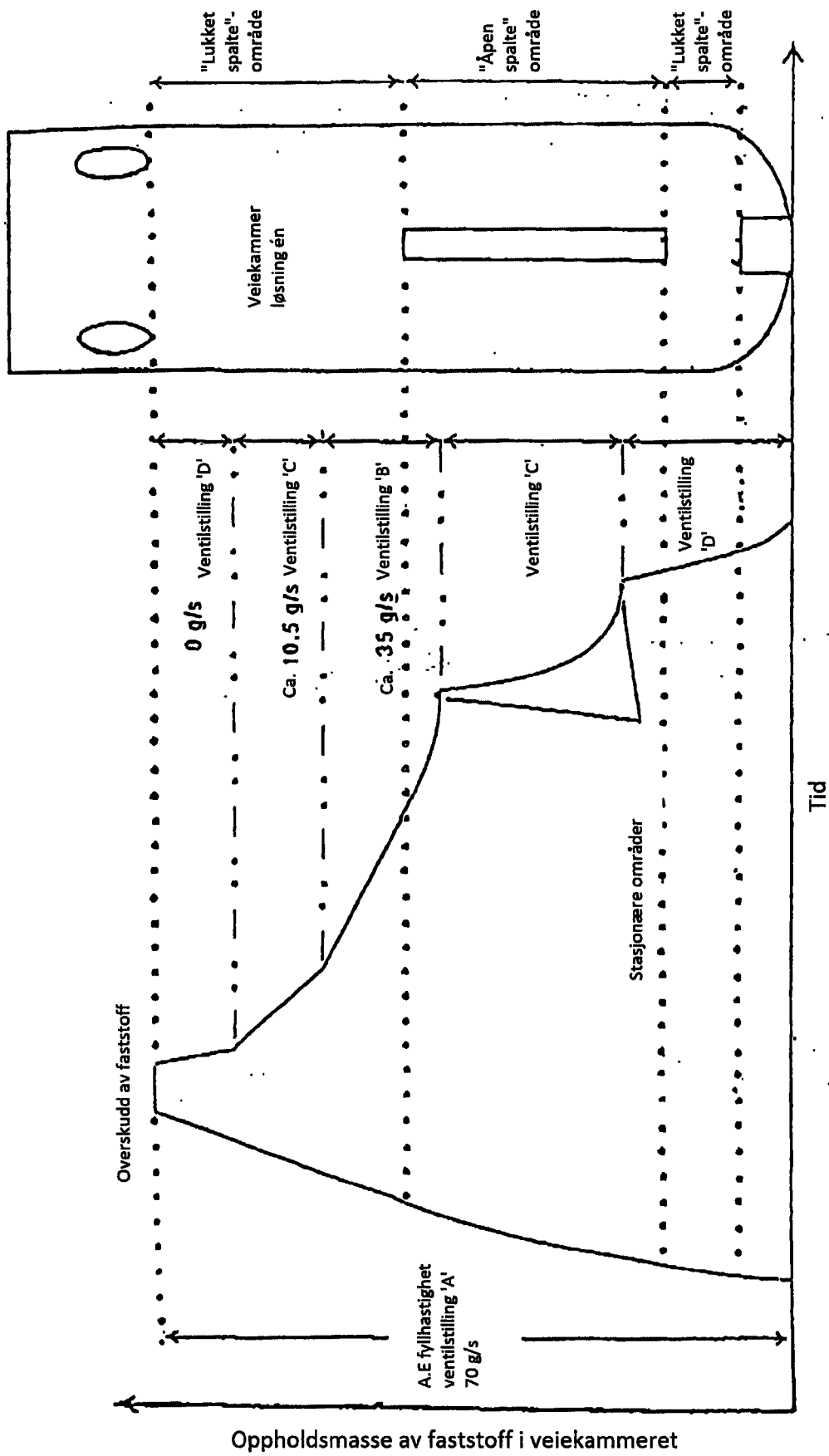
FIGUR 10

11/15



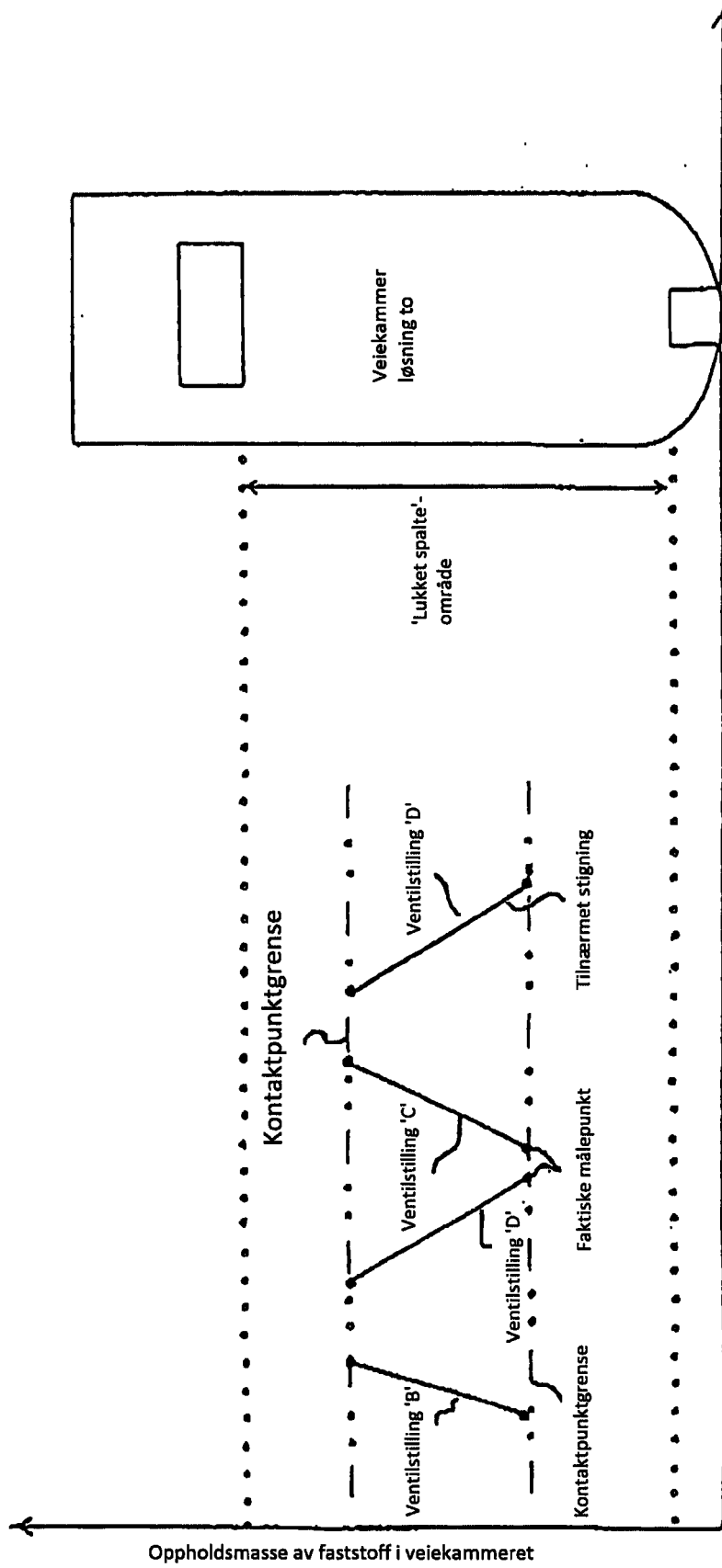
FIGUR 11

12/15



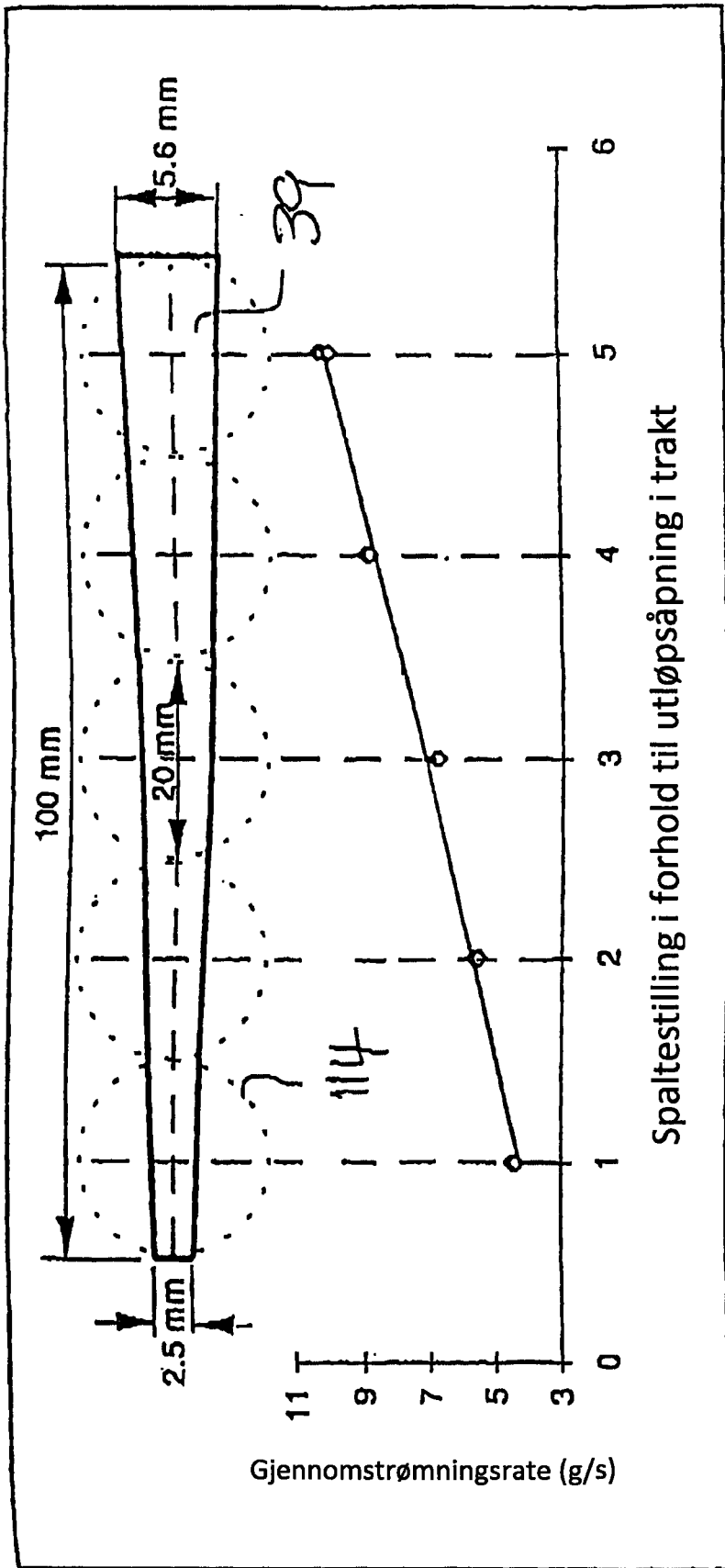
FIGUR 12

14/15



FIGUR 14

15/15



FIGUR 15