



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **329507**

(13) **B1**

NORGE

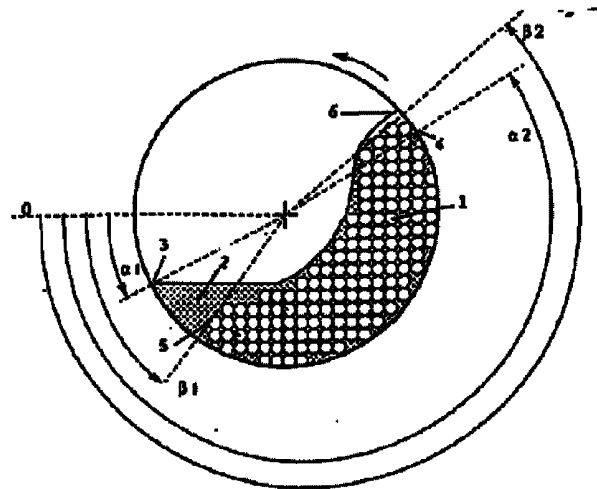
(51) Int Cl.
B02C 17/18 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20041757	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2002.11.11 PCT/EP2002/12637
(22)	Inng.dag	2004.04.29	(85)	Videreføringsdag	2004.04.29
(24)	Løpedag	2002.11.11	(30)	Prioritet	2001.11.22, BE, 010758
(41)	Alm.tilgj	2004.07.15			
(45)	Meddelt	2010.11.01			
(73)	Innehaver	Magotteaux International, Rue a Dumont, BE-4051 VAUX-SOUS-CHEVREMONT, Belgia			
(72)	Oppfinner	Bernard de Haas, Rue de la Burdinale 83, BE-4210 BURDINNE, Belgia			
(74)	Fullmektig	Acapo AS, Postboks 1880 Nordnes, 5817 BERGEN, Norge			

(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte og anordning for å bestemme fyllingsgraden av en rørformet rotasjonsmølle samt anordning derfor
(56)	Anførte publikasjoner	US 5698797 A
(57)	Sammendrag	

Oppfinnelsen vedrører en fremgangsmåte som omfatter opprettelse ved hjelp av modeller, en algoritme som definerer et forhold mellom fyllingsgraden for en kulemølle og vinkelposisjonene for bunnen og toppen av mølleinnholdet så vel som den målte effekten som absorberes i møllen der fyllingsgraden, vinkelposisjonene for bunnen og toppen av innholdet så vel som effekten som tas opp skal beregnes, og å beregne fyllingsgraden på møllen på grunnlag av nevnte målinger og algoritme.



Foreliggende oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte for å bestemme fyllingsgraden til en rørformet rotasjonsmølle, omfattende en sylinderformet tønne som roterer rundt sin lengdeakse, hvor innholdet omfatter en last av oppmalingsmiddel av metallisk legering og av materiale som skal knuses, og
5 som når det knuses danner en myk masse inne i møllen, hvori innholdet i møllen hovedsakelig dekker, under sin rotasjon og sett i rotasjonsretningen, den fjerde trigonometriske fjerdedelen av møllen, mens den nedre delen av innholdet strekker seg inn i den tredje trigonometriske fjerdedelen og toppen er hevet inn i den første trigonometriske fjerdedelen. Oppfinnelsen vedrører også
10 anordning for utførelse av fremgangsmåten for beregning av fyllingsgraden for en mølle, omfattende ei tønne med innvendig foring.

Oppfinnelsen er i hovedsak rettet mot møller av kule- eller stavmølletypen, spesielt brukt for å knuse slagg eller for å knuse kull og mineraler.

15 Å vite fyllingsgraden av en mølle er spesielt viktig for optimal drift av gruvemøller som blir drevet i en våtprosess siden slitasjen på oppmalingsmiddelet er veldig høyt og oppmalingsmiddelet må tilføres nesten konstant. Dette medfører at mengden på middelet som fremdeles er tilstede i møllen bør være kjent ved enhver tid og at et middel for separat å måle mengden på
20 oppmalingsmiddelet og mengden på den myke massen i møllen bør derfor være tilgjengelig.

Det er kjent at de optimale knusetilstandene oppnås når volumet på den myke massen omtrent tilsvarer volumet av mellomrommet mellom hvert oppmalingsstykke eller mye høyere enn dette volumet, uten imidlertid å
25 overstige det med mer enn 20%. Når volumet på massen er for lav, vil knuseytelsen reduseres og spesielt stykkene av oppmalingsmiddelet som er i kontakt med hverandre slites ned av hverandre. Når volumet av massen er for høyt, reduseres også knuseytelsen. Å vite mengden på massen i møllen gjør det derfor mulig å tilpasse forsyningen til møllen på en best mulig måte som
30 korresponderer til den optimale driften av møllen.

Blant de mange teknikkene som for tiden er kjent for å bestemme fyllingsgraden til en mølle i drift, er det ingen av dem som er helt tilfredsstillende da de generelt enten er for unøyaktige eller ufullstendige.

En første fremgangsmåte omfatter å måle effektutviklingen som tas opp av møllen. Denne effekten, som tas opp av møllen, øker i takt med fyllingsgraden og når et maksimum for så å begynne å minke, spesielt på grunn av den reduserte effekten av ubalanse. Effektkurven viser et særlig flatt maksimum, som reduserer følsomheten av målingene betraktelig så snart maksimum er oppnådd. En slik fremgangsmåte er beskrevet i "Canadiske Mineral Prosesser" Proceedings 1998, skriv nr. 24, Ottawa, Ontario.

En andre fremgangsmåte omfatter å måle de kreftene som påvirker foringene. En instrumentplate er plassert innenfor foringen og når den kommer inn i lasten, vil kraften som utøves på platen plutselig øke og minke når platen går ut av lasten. Denne målingen er bare egnet for møller forsynt med en gummiforing og er svært følsom for slitasje på instrumentplaten. En slik fremgangsmåte er beskrevet i patent WO 93/00996.

En annen fremgangsmåte omfatter å måle deformasjonen av tønningen i møllen, gitt at den er utsatt for radiale og tversgående deformasjoner som øker når møllen fylles opp. Følsomheten på denne målingen reduseres i tilfelle et lavt L/D forhold (lengden på møllen i forhold til diameteren) og av et hvilket som helst stivhetselement slik som en mellomliggende del eller hovedtykkelsen av tønningen eller av foringen. Prinsippet for denne målingen er beskrevet i artikkelen "Measurement System of the Mill Charge in Grinding Ball Mill Circuits," av J. Kolacz-Mineral Engineering, Vol 10, No. 12, 1997 pp 1329-1338.

Balanseinstallasjon har også blitt betraktet for at det skal være mulig å ta en direkte måling av møllens vekt. Imidlertid er denne installasjonen svært vanskelig med de eksisterende møllene.

En annen fremgangsmåte omfatter å måle støy som produseres i sammenstøtet mellom oppmalingsmidlet og foringen. Denne støyen øker i takt med fyllingsgraden på oppmalingsmidlet, men på grunn av at materialet som skal knuses demper sammenstøtene, oppstår det unøyaktigheter i målingene. For å ta disse målingene har det blitt brukt mikrofoner som plasseres i nærheten av møllens tønne for å detektere støyen. Denne fremgangsmåten påvirkes imidlertid av ekstern støy (nabomøller i knuselokalet) så vel som andre faktorer slik som egenskapene til det knuste materialet, formen på oppmalingsmidlet og foringens slitasje. En slik fremgangsmåte er beskrevet i artikkelen "New acoustic method for measuring the filling ratio of mill feed in tube mills" av F. Godler and J. Hagenbach, Zement-Kalk-Gyps No. 4/1994, pp E114-E119.

Det tyske patentet DE 1993 3995 A1 forsøker å motvirke interferensen av forskjellig støy ved å erstatte mikrofonene med ultralydsensorer festet til tønningen. Disse sensorene måler oscillasjonen på tønningen der de er plassert og

ikke støyen som overføres gjennom luften, som løser problemet med interfererende støy.

Dessuten har alle fremgangsmåtene beskrevet over ulempen med at de ikke tillater at separat beregning av fyllingsgraden i oppmalingsmidlet og fyllingsgraden for myk masse eller materiale som skal knuses.

Målinger med bølgeabsorpsjon tillater faktisk å skille materialet som knuses fra kulene, men er ikke egnet for alle typer materiale og representerer en helserisiko på grunn av X- eller gammastråler.

Videre skal det vises til US 6,698,797 A og som omhandler en fremgangsmåte for måling av fyllingsgraden til en rotormølle, hvor det benyttes elektromagnetiske bølger.

Formålet med foreliggende oppfinnelse er å frembringe en ny fremgangsmåte og anordning som tillater en pålitelig beregning av fyllingsgraden og som kan utføres enkelt på en eksisterende mølle og som kan tilføre informasjon separat på oppmalingsmidlet og på den myke massen.

For å oppnå dette formålet viser foreliggende oppfinnelse en fremgangsmåte av samme type som er beskrevet i innledningen, ved at det opprettes en algoritme ved hjelp av en modell som definerer et forhold mellom fyllingsgraden på møllen og vinkelposisjonene for bunnen og toppen av mølleinnholdet, så vel som effekten som tas opp av møllen, ved at vinkelposisjonene for bunnen og toppen av innholdet blir målt i møllen, hvis fyllingsgrad skal bestemmes, så vel som effekten tatt opp, og ved at fyllingsgraden på møllen bestemmes ved hjelp av disse målingene og algoritmen.

Fyllingsgraden på oppmalingsmiddelet og fyllingsforholdet for massen kan bestemmes separat.

Vinkelposisjonene for bunnen og toppen av oppmalingslasten kan måles ved hjelp av en induktiv sensor relativ til en referansevinkelposisjon. Likeledes kan vinkelposisjonene for bunnen og toppen av den myke massen måles ved hjelp av en ledende sensor relativ til en referansevinkelposisjon.

Anordningen for utførelse av denne fremgangsmåten for å bestemme fyllingsgraden av en mølle som omfatter en tønne med innvendig foring, kjennetegnes ved at foringen omfatter minst en plate som er laget av harpiks eller elastomer, hvori et integrert deteksjonssystem, omfattende sensorer som samvirker med en integrert signalprosesseringsanordning, er festet på tønne og innrettet for å detektere vinkelposisjonen som nevnte system entrer innholdet i møllen med og vinkelposisjonen som det kommer ut fra innholdet i møllen med, ved at deteksjonssystemet er innrettet til å generere et

synkroniseringssignal ved hver omdreining av møllen, og ved at signalene produsert av deteksjonssystemet og sensorene blir behandlet i den integrerte prosesseringsanordningen og sendes ved hjelp av radiobølger til et prosesserings-senter.

5 Deteksjonsanordningen kan være plassert i en av møllens adkomstdører.

Deteksjonsanordningen kan omfatte en induktiv sensor for separat å bestemme vinkelposisjonene til bunnen og toppen av oppmalingsmiddelet. Likeledes kan deteksjonsanordningen omfatte en ledende sensor for separat å bestemme vinkelposisjonene til bunnen og toppen av massen.

10 Alle sensorene kan være duplisert og nedsenket ved forskjellige dybder i platene som inneholder dem.

Andre trekk og karakteristikk av oppfinnelsen vil fremgå fra den detaljerte beskrivelsen av en foretrukket utførelse, beskrevet nedenfor ved å henvise til de vedlagte tegninger, hvori

- 15
- Figur 1 viser et diametrisk snitt gjennom en mølle,
 - Figur 2 viser et skjematisk lengdesnitt gjennom en mølle utstyrt med utstyret fremstilt i den foreliggende oppfinnelsen,
 - Figur 3 viser et diametrisk snitt gjennom møllen på figur 2,
 - Figur 4 og 5 viser en forstørret fremstilling i deler av platene med
- 20 sensorene,
- Figur 6 viser en fremstilling lik den i figur 1, som viser detaljer med vinkelposisjonene, og
 - Figur 7 viser en graf som beskriver korrelasjonen mellom beregningene i følge den foreliggende oppfinnelsen og den riktige vekten av
- 25 oppmalingsmidlet.

Figur 1 viser en mølle med et oppmalingsmiddel 1 av kuler og som omfatter en viss mengde materiale som skal knuses 2, og som danner massen. Oppfyllingen av oppmalingskulene tilsvarer omtrent 20 til 40% av det totale volumet avhengig av driftstilstandene. Volumet av massen for optimal drift av

30 møllen slik som definert i innledningen, tilsvarer omtrent volumet av mellomrommene mellom kulene eller noe høyere, uten at det overstiger med mer enn 20%.

I løpet av rotasjonen av møllen i retning av pilen vist i figur 1, har innholdet i møllen en global form i tverrsnittet som en ertebeleg og er hovedsakelig konsentrert i den fjerde trigonometriske fjerdedelen. Bunnen 3 av massen og bunnen 5 av kulene strekker seg imidlertid inn i tredje trigonometriske fjerdedel siden toppen 4 av den myke massen og toppen 6 av kulene er hevet inn i den første trigonometriske fjerdedelen.

35

På grunn av de forskjellige strukturene på lasten 1 og av massen 2, har de respektive bunnene 5 og 3 og deres respektive topper 6 og 4 forskjellige vinkelposisjoner. Derfor er oppmalingslasten 1 mer hevet enn massen 2. Den foreliggende oppfinnelsen, slik som kan sees nedenfor, drar nytte av disse forskjellige for å bestemme volumet av lasten og av massen separat.

For å oppnå dette frembringer oppfinnelsen sensorer som avgir et elektrisk signal ved tiden de kommer inn i henholdsvis massen 2 eller lasten 1, og et annet signal ved tiden de kommer ut.

Oppfinnelsen frembringer ledende sensorer 7 og 8 for massen, hvor man måler strømmen som dannes av et kjemisk batteri, bestående av to stålmasser med ulik sammensetning som danner elektroder som er kilden for en elektrisk strøm når de er koblet sammen av et ledende middel bestående av massen.

Disse stålmassene er integrert i en plate 9 av harpiks eller elastomer som kan plasseres på mølledøren for å øke tilgjengeligheten.

En fordelaktig utførelse frembringes ved et par sensorer 7 og 8 som henholdsvis er vist i figurer 4 og 5. Som det kan sees er disse sensorene nedsenket ved forskjellige dybder i elastomerplaten 9. Derfor kan sensorene 7, 8, vist i figur 5 som er nedsenket i platen 9, ta over når sensoren 7, 8 på foringen vist i figur 4 er skadet på grunn av slitasje.

Ved tidspunktet når elektrodene 7 og 8 på sensoren kommer inn i massen når møllen roterer, tillater sistnevnte en strøm å passere mellom disse elektrodene og avgir dermed et signal, hvilke detektering gjør det mulig å bestemme vinkelposisjonen for bunnen 3 av massen. På samme måte, når elektrodene 7, 8 kommer ut av massen, blir strømmen avbrutt og tiden for dette avbruddet frembringer informasjon om vinkelposisjonen på toppen av massen 4.

Denne type måling kan ikke brukes for oppmalingslasten 1 på grunn av de diskontinuerlige egenskapene for dette midlet. For å foreta denne målingen vil det bli brukt en induktiv sensor 10 kjent per se og som plasseres i platen 9 i døren, nedsenket i massen til harpiksen. Som vist på figurene 2, 4 og 5, blir det også her brukt to sensorer, nedsenket ved forskjellige dybder for at det skal være mulig å fortsette med målingene når sensoren på foringen er skadet på grunn av slitasje.

Driften fungerer på samme måte som beskrevet over. Når møllen roterer, ved tiden når de induktive sensorene 10 kommer inn til lasten av oppmalingsmidlet 1, detekterer de en modifikasjon av det elektriske feltet, som i tur og orden produserer et signal, hvis tidspunkt gjør det mulig å lokalisere bunnen 5 av lasten. Når de induktive sensorer 10 kommer ut av lasten, detekterer de en

ny variasjon i det elektriske feltet som gjør det mulig å lokalisere toppen 6 på lasten.

For at det skal være mulig å bestemme disse vinkelposisjonene trengs det et referansepunkt. Dette er årsaken til at et synkroniseringssignal produseres ved hver omdreining av møllen av en anordning med celler, for eksempel fotoelektriske celler, som frembringes på tønne og på henholdsvis et fastmontert chassis og gjør det mulig å frembringe en referanse som bestemmer vinkelposisjonen. Dersom dette signalet er startpunktet og dersom rotasjonshastigheten på tønne er kjent, frembringer tidspunktene for produksjonen og slutten på målesignalene en indikasjon på vinkelposisjonene for bunnene 3 og 5 og av toppene 4 og 6 i forhold til et referansepunkt som kan være posisjonen på synkroniseringsanordningen.

Signalene som frembringes av sensorene blir registrert, filtrert og prosessert av et integrert system 12 som er festet til tønne og som ved hjelp av radiobølger sender dem til et prosesseringssenter, som ikke er vist. Alle disse integrerte anordningene kan forsynes ved en elektrisk generator 13 som festes til tønne eller ved overføring av energi ved induksjon.

Figur 6 viser målingene som frembringes av sensorene 7, 8 og 10 grafisk. Disse tilsvarer vinklene α_1 til bunnen 3, α_2 til toppen 4 av massen respektive, så vel som vinklene β_1 til bunnen 5 og β_2 til toppen 6 av oppmalingslasten. Disse vinklene måles i dette tilfellet relativt til en referanseakse bestemt av synkroniseringsanordningen.

For å kunne beregne fyllingsgradene av oppmalingslasten og av massen, er det opprettet matematiske modeller med følgende formler:

$$J_1 = a_1\alpha_1 + b_1\alpha_2 + c_1k.W. + d_1$$

$$J_2 = a_2\beta_1 + b_2\beta_2 + c_2k.W. + d_2$$

der

- J_1 er volumet av massen / volumet til møllen,
- J_2 er volumet av lasten / volumet til møllen,
- a, b, c, d er parameterkoeffisienter,
- kW er effekten tatt opp, målt ved midler kjent per se.

Disse modellene, og særlig parameterkoeffisientene, kan bestemmes av empiriske midler ved å tilføre til en møllemodell ulike kjente størrelser av oppmalingslast og av masse, og ved å måle hver gang vinklene $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1$ og β_2 så vel som effekten tas opp.

Testkjøringer har vist at fremgangsmåten for beregning foreslått i oppfinnelsen gjør det mulig å arbeide med svært høy nøyaktighet. Figur 7 viser en oppsummering av resultatene av slike tester for evaluering av fyllingsgraden av oppmalingsmiddelet for å knuse mineraler.

- 5 Lasten for slike tester var sammensatt av kuler med 40mm og 25mm diameter. Den relative prosenten av mineraler i forhold til vann ble opprettholdt konstant og hastigheten på møllen var 34 omdreininger per minutt. Oppfyllingen av kuler i møllen ble økt trinnvis fra 700 kg til 900 kg ved forsyning av mellom 8 og 20 kg. Oppfylling av massen ble ikke kontrollert, men det var resultatet av
- 10 forandringene i prosessen og varierte mellom 289 og 443 kg.

- Den rette linjen i figur 7 representerer de virkelige størrelsene på kulene i møllen. Prikkene representerer de beregnede størrelsene av kulene fremstilt av midler i de matematiske modellene nevnt ovenfor og basert på målinger av vinklene α_1 og α_2 , så vel som effekt som tas opp. Disse testene har vist at
- 15 oppfinnelsen gjør det mulig å beregne fyllingsgraden i kuler med en nøyaktighet på 98%.

- I tillegg til dette gir målingene av vinkeposisjonene α_1 og α_2 , som gjelder massen, informasjon om flyteevnen av massen, dvs. vanninnholdet. Desto høyere flyteevne på massen desto mindre vil den selvsagt stige, derfor er
- 20 vinkelen α_2 mindre. Denne kunnskapen bidrar også til optimalisering av mølledriften.

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte for å bestemme fyllingsgraden til en rørformet rotasjonsmølle, omfattende en sylinderformet tønne som roterer rundt sin lengdeakse, hvor innholdet omfatter en last av oppmalingsmiddel (1) av metallisk legering og av materiale som skal knuses (2), og som når det knuses danner en myk masse inne i møllen, hvori innholdet i møllen hovedsakelig dekker, under sin rotasjon og sett i rotasjonsretningen, den fjerde trigonometriske fjerdedelen av møllen, mens den nedre delen av innholdet (3) strekker seg inn i den tredje trigonometriske fjerdedelen og toppen (6) er hevet inn i den første trigonometriske fjerdedelen, k a r a k t e r i s e r t v e d at det opprettes en algoritme ved hjelp av en modell som definerer et forhold mellom fyllingsgraden på møllen og vinkelposisjonene for bunnen (3) og toppen (6) av mølleinnholdet, så vel som effekten som tas opp av møllen, ved at vinkelposisjonene for bunnen (3) og toppen (6) av innholdet blir målt i møllen, hvis fyllingsgrad skal bestemmes, så vel som effekten tatt opp, og ved at fyllingsgraden på møllen bestemmes ved hjelp av disse målingene og algoritmen.
2. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at fyllingsgraden på oppmalingsmiddelet (1) og fyllingsforholdet for massen (2) bestemmes separat.
3. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at vinkelposisjonene for bunnen (5) og toppen (4) av oppmalingslasten (1) måles ved hjelp av en induktiv sensor (10) relativ til en referansevinkelposisjon.
4. Fremgangsmåte i samsvar med krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at vinkelposisjonene for bunnen (3) og toppen (6) av den myke massen måles ved hjelp av en ledende sensor (7, 8) relativ til en referansevinkelposisjon.

5. Fremgangsmåte i samsvar med et av kravene 1 til 4, karakterisert ved at algoritmen er av typen:

$$J = a\alpha_1 + b\alpha_2 + ckW + d$$

der:

- J er fyllingsgraden,
- α_1 og α_2 er vinkelposisjonene for bunnen (3) og toppen (6) av innholdet,
- 10 - kW er absorbert effekt målt i kilowatt,
- a, b, c, d er parameterkoeffisienter som beregnes empirisk.

6. Anordning for utførelse av fremgangsmåten i samsvar med krav 1 til 5 for beregning av fyllingsgraden for en mølle, omfattende ei tønne med innvendig
15 foring, karakterisert ved at foringen omfatter minst en plate som er laget av harpiks eller elastomer (9), hvori et integrert deteksjonssystem, omfattende sensorer (10, 7, 8) som samvirker med en integrert signalprosesseringsanordning (12), er festet på tønne og innrettet for å detektere vinkelposisjonen som nevnte system entrer innholdet i møllen med og vinkelposisjonen som det kommer ut fra innholdet i møllen med, ved at deteksjonssystemet er innrettet til å generere et synkroniseringssignal ved hver
20 omdreining av møllen, og ved at signalene produsert av deteksjonssystemet og sensorene (10, 7, 8) blir behandlet i den integrerte prosesseringsanordningen (12) og sendes ved hjelp av radiobølger til et prosesseringssenter.

25

7. Fremgangsmåte i samsvar med krav 6, karakterisert ved at deteksjonsanordningen er plassert i en av møllens adkomstdører.

30 8. Fremgangsmåte i samsvar med krav 6 karakterisert ved at deteksjonsanordningen omfatter en induktiv sensor (10) for separat å bestemme vinkelposisjonene til bunnen (5) og toppen (4) av oppmalingsmiddelet.

35 9. Fremgangsmåte i samsvar med krav 6, karakterisert ved at deteksjonsanordningen omfatter en ledende sensor (7, 8) for separat å bestemme vinkelposisjonene til bunnen (3) og toppen (6) av massen.

10. Fremgangsmåte i samsvar med krav 8 og 9,
karakterisert ved at alle sensorene er duplisert og nedsenket ved
forskjellige dybder i platene som inneholder dem.

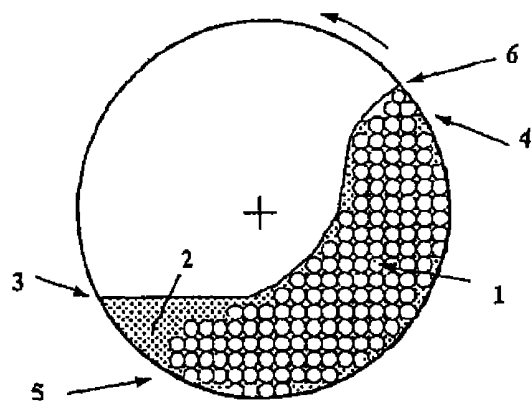


Fig. 1

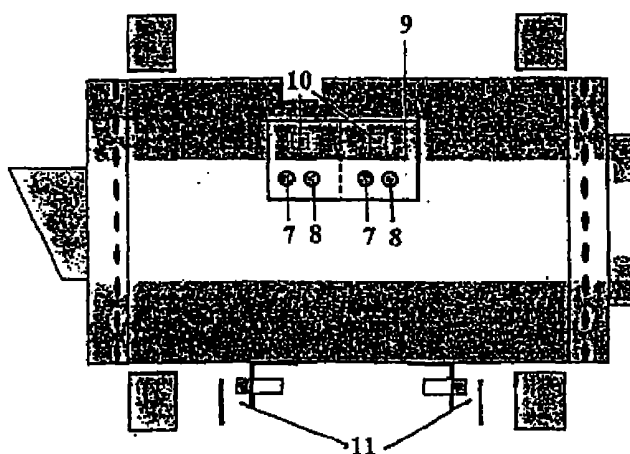


Fig. 2

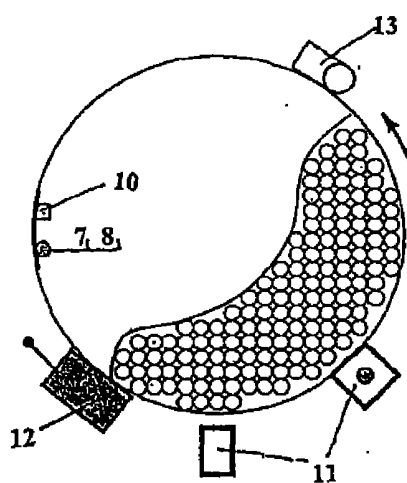


Fig. 3

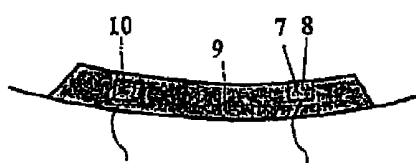


Fig. 4

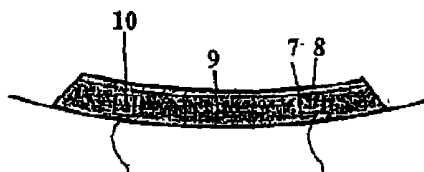


Fig. 5

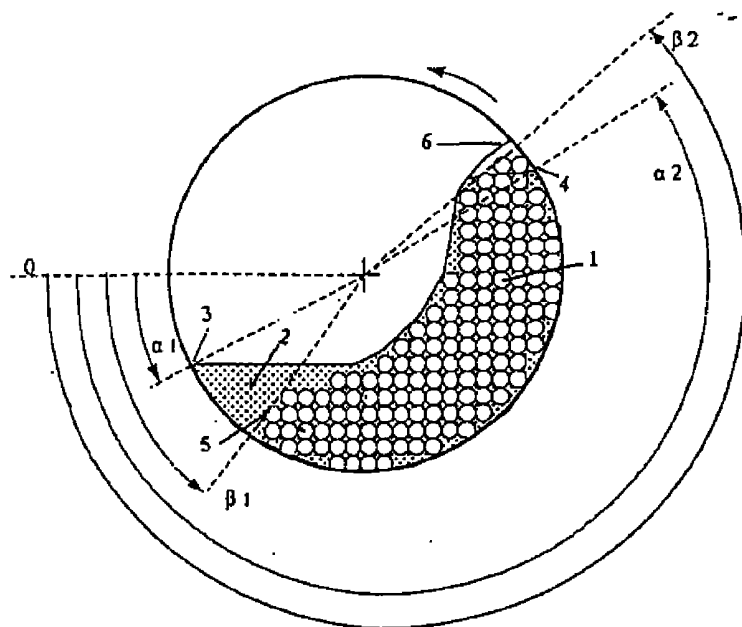


Fig. 6

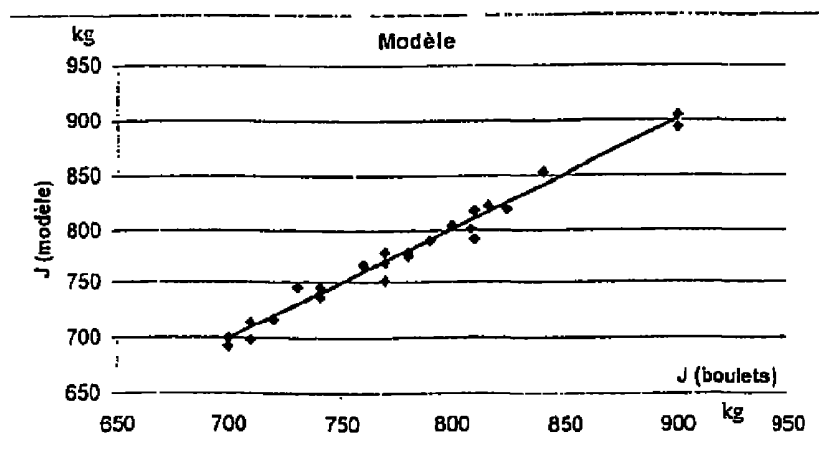


Fig. 7