



**SUOMI-FINLAND**  
**(FI)**

**Patentti- ja rekisterihallitus**  
**Patent- och registerstyrelsen**

[B] (11) **KUULUTUSJULKAISU**  
**UTLÄGKNINGSSKRIFT** 65026

C (45) Patentti myönnetty 12 03 1984  
Patent meddelat

(51) Kv.kk.<sup>3</sup>/Int.Cl.<sup>3</sup> B 03 D 1/14

(86) Kv. hakemus - Int. ansökan

(21) Patentihakemus - Patentsökning 823688

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag 28.10.82

(23) Aikupäivä - Giltighetsdag 28.10.82

(41) Tulut julkaisuihin - Blivit offentlig

(44) Nähtävääksipäivä ja kuul.julkaisun pvm. -  
Ansökan utlagd och utskriften publicerad 30.11.83

(32)(33)(31) Pyydetty etuoikeus - Begärd prioritet

(71) Kemira Oy, Malminkatu 30, 00100 Helsinki 10, Suomi-Finland(FI)

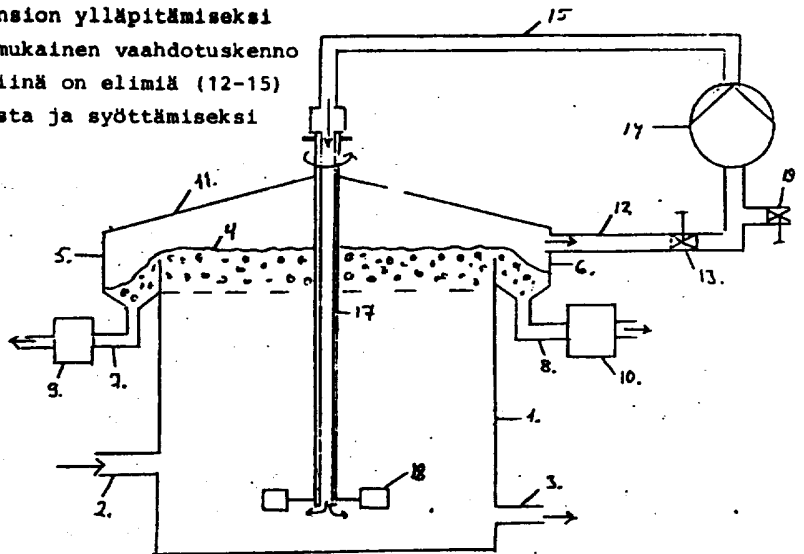
(72) Juhani Kähönen, Helsinki, Otto Voutilainen, Siilinjärvi,  
Suomi-Finland(FI)

(74) Berggren Oy Ab

(54) Vaahdotusmenetelmä ja -laite - Flotationsförfarande och -anordning

(57) Tiivistelmä

Keksintö kohdistuu menetelmään vaahdottaa mineraaleja sekoitamalla lietettä mekaanisesti tai pneumaattisesti kaasun kanssa vaahdotustilassa ja erottamalla muodostunutta vaahtoa siihen kiinnitettyine kiintoaineosasineen nesteestä. Kosteus ja pölyhaittojen eliminoinniseksi sekä vaahdotuksen talouden parantamiseksi otetaan vaahdotuskaasu talteen ja sekoitetaan vaahdotusasiassa mekaanisesti tai pneumaattisesti lietteeseen. Keksintö kohdistuu myös laitteeseen menetelmän soveltamiseksi, jossa on vaahdotuskemno (1), jossa on putki (2) vaahdotettavan lietteen syöttämiseksi vaahdotuskemnoon, putki (3) vaahdotetun lietteen poistamiseksi vaahdotuskemnosta, ylijuuksukouru (5 ja 6) vaahdon (4) poistamiseksi, putki (17) kaasun syöttämiseksi vaahdotuskemnoon (1) ja elin (18) kaasun dispersoimiseksi lietteeseen ja suspension ylläpitämiseksi vaahdotuskemnossa (1). Keksinnön mukainen vaahdotuskemno (1) on suljettu kannella (11) ja siinä on elimiä (12-15) kaasun poistamiseksi kemnon yläosasta ja syöttämiseksi takaisin kemnoon.



(57) Sammandrag

Uppfinningen avser ett förfarande för flotering av mineraler genom att omröra slammet mekaniskt eller pneumatiskt med en gas i ett flotationsutrymme och separera det bildade skummet med därvid fästa fasta partiklar från vätskan. För eliminering av fukt- och dammolägenheter samt förbättra flotationens ekonomi tillvaratages flotationsgasen och blandas i flotationskärlet mekaniskt eller pneumatiskt med slammet. Uppfinningen avser även en anordning för tillämpning av förfarandet, omfattande en flotationscell (1) med ett rör (2) för inmatning av slammet som skall floterat i flotationscellen, ett rör (3) för avlägsnande av det floterade slammet från flotationscellen, en överrinningsränna (5 och 6) för avlägsnande av skummet (4), ett rör (17) för inmatning av gas i flotationscellen (1) och ett organ (18) för dispergering av gasen i slammet och uppehållande av suspensionen i flotationscellen (1). Flotationscellen (1) enligt uppfinningen är tillsluten med ett lock (11) och den omfattar organ (12-15) för uttagning av gas från cellens övre del och recirkulering till cellen.

## Vaahdotusmenetelmä ja -laite

Tämä keksintö kohdistuu menetelmään ja laitteeseen suuren ominaispainon omaavien hienojakoisten kiintoaineosasten, erityisesti mineraalien, kuten apatiitin rikastamiseksi sekoittamalla kemikaaleilla valmennetun hienojakoisen kiintoaineen ja nesteen, kuden veden lietettä mekaanisesti tai pneumaattisesti kaasun, esimerkiksi ilman kanssa vaahdotuskennossa ja erottamalla muodostunutta vaahtoa siihen kiinnittyneine kiintoaineosastineen nesteestä.

Vaahdotus on teollisuudessa yleisesti käytössä oleva tapa erilaisten hienorakenteisten aineosasten erottamiseksi lietteistä. Kaivosteollisuudessa vaahdotusta sovelletaan runsaasti etenkin köyhien mineraaliesiintymien hyödyntämiseen. Tyypillisin vaahdotuslaite on ylhäältä avoin kenno. Kemikaaleilla käsiteltyä kiintoainetta sisältävää lietettä johdetaan kennoon, johon syötetään vaahdotusilmaa. Ilma dispergoidaan yleensä mekaanisen sekoittajan avulla. Kennon pintaan kerääntyvä vaahto ja siihen kiinnittyneet aineosaset virtaavat ylijooksuna jatkokäsittelyyn. Liete pumpataan tai se virtaa hydrostaattisen paineen avulla seuraavaan vaahdotusvaiheeseen.

Pääosa lietteeseen pumpattavasta ilmasta poistuu kennosta yläkautta kennoa ympäröivään tilaan, joka on esimerkiksi rikastamorakennuksen sisätila. Kennosta poistuvan ilman suhteellinen kosteus on käytännöllisesti katsoen 100 %, joten koko rikastamon sisätilan ilma on hyvin kosteaa. Ongelma on huomattavan suuri silloin, kun vaahdotuslietteen lämpötila on korkeampi kuin ympäröivän rakennuksen sisälämpötila. Suuresta kosteudesta seuraa, että vettä tiivistyy rakennuksien ulkoseiniin, kattoon ja muualle, missä lämpötila on kaste-pisteen alapuolella. Tämä aiheuttaa huomattavia haittoja mm. korroosio-, eriste- ja rakennusvaurioiden muodossa.

Kennosta purkautuvan vaahdon särkyessä kuplan pinnalta vapautuu vaahdotettavina olevia mineraalihiukkasia ilmaan. Tästä syystä vaahdotuskennojen ympäristön ilma saattaa olla eräissä tapauksissa erittäin pölypitoista. Pöly aiheuttaa työsuojelullisia ongelmia etenkin silloin, kun vaahdotettava mineraali on myrkyllistä tai mineraalien epäpuhtautena on myrkyllisiä aineita. Esimerkiksi sinkkivälkettä rikastettaessa pöly sisältää malmin epäpuhtautena olevaa kadmiumia.

Paitsi, että pölystä on terveydellisiä haittoja, aiheuttaa se myös raaka-ainetappioita ja tämän vuoksi olisi erittäin toivottavaa, että vaahdotuskaasun mukana poistuva pöly saataisiin otetuksi talteen ja palautetuksi vaahdotukseen.

Kosteus- ja pölyongelmien vuoksi rakennuksen tuuletus on yleensä mitoitettava voimakkaaksi, mistä on seurauksena suuret investointi- ja käyttökulut. Lisäksi talvella tuuletus aiheuttaa huomattavat lämpöenergiakustannukset.

Vaahdotusprosessi tehostuu yleensä, kun lietteen lämpötilaa nostetaan ja tästä syystä eräissä vaahdotusprosesseissa käytetään jopa yli 90°C lämpötiloja. Vaahdotusilma imetään normaalisti joko suoraan ulkoilmasta tai rikastamorakennuksen sisätiloista. Kylmänä ja yleensä suhteellisen kuivana imettävä vaahdotusilma lämpenee ja kostuu vaahdotuskennon läpimenessään. Ilman lämmittäminen ja veden haihtuminen vievät vaahdotusprosessista pois huomattavan energiamäärän, joka on korvattava esim. öljykäyttöisen apukattilan avulla.

Avoimissa vaahdotuskennoissa on käytännössä mahdollista käyttää vaahdotuskaasuna pelkästään ilmaa. Joskus vaahdotusprosessissa olisi teknisesti edullisempaa käyttää jotain muuta kaasua, esimerkiksi SO<sub>2</sub>:a. Avoimella järjestelmällä kaasukustannukset tulevat kohtuuttoman suuriksi ja muun kuin ilman käyttö saattaa aiheuttaa myös työsuojelullisia ongelmia.

Kirjallisuudesta tunnetaan useita suljettuun vaahdotuspiiriin perustuvia vaahdotusjärjestelmiä. US-patentista 4 162 972 tunnetaan laite, jossa on erillinen vaahdotusosa ja selkeytysosa. Vaahdotusosassa muodostetaan lietteen ja kaasun suspensio siten, että kiertopumpulla aikaansaatu ulkoinen lietekierto imee imusuuttimessa vaahdotusosan vaahdotilasta kaasua ja vaahtoa mukaansa sekä syöttää lietteen ja kaasun seoksen suurella nopeudella vaahdotusosan liete-tilaan.

Vaahdon ja kaasun seosta voidaan syöttää liete-tilaan myös puhaltimen tai pumpun avulla. Vaahdotusosasta liete virtaa erilliseen selkeytysosaan, jossa liete, vaahto ja kaasu palautetaan vaahdotusosan vaahtotilaan. Kaasutappiot korvataan erillisellä kaasusyötöllä vaahdotusosan vaahtotilaan. Tämä vaahdotusjärjestelmä ei sovellu niihin tapauksiin, joissa kiintoaineen ominaispaine on korkea, koska erillisessä selkeytysosassa lietteeseen jäänyt kiintoaine laskeutuu välittömästi turbulenssin puuttuessa kennon pohjalle. Tälle ratkaisulle on ominaista, että liete-tilaan syötetään kaasun ja vaahdon seosta, jotta koko vaahdotusosa saataisiin mahdollisimman homogeeniseksi lietteen ja kaasun suspensioksi.

US-patentista 4 094 783 tunnetaan laite, jossa vaahdosta nousevaa kaasua sekoitetaan erillisissä sekoittajissa syöttövirran lietteeseen ja kierto-tilassa virtaavaan lietteeseen. Syöttövirta ja kierto-tilaan johdetaan vaahdotusastiaan, jonka pintaan kuplat nousevat. Erillinen kierto-tila on välttämättömän tehokkaan vaahdotuksen aikaansaamiseksi, koska pelkästään lietteen syöttövirran mukana ei riittävää kaasumäärää pystytä syöttämään tehokkaasti.

US-patentista 3 625 882 tunnetaan järjestelmä, jossa vaahdotuksessa käytettävää kaasua kierrätetään. Kaasua sekoitetaan yhdessä kemikaalien kanssa nesteeseen, jota syötetään

selkeytyssäiliöön. Järjestelmä on tarkoitettu puhdistamaan öljypitoisia vesiä, joten erotettavan aineen tiheys on pienempi kuin veden. Kaasu nopeuttaa siten vain öljyn erottumista. Raskaan kiintoaineen erotuksen menetelmä ei sovellu, koska syöttövirran mukana ei saada selkeytyssäiliöön tehokkaan vaahdotuksen vaatimaa kaasumäärää tarpeeksi pieninä kuplina ja turbulenssin puuttuessa selkeytyssäiliöstä kiintoaine ja neste eivät pysy suspensiona.

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on näin ollen aikaansaada menetelmä ja laite suuren ominaispainon omaavan hienojakoisen kiintoaineen erottamiseksi lietteestä vaahdottamalla, sekoittamalla lietettä mekaanisesti tai pneumaattisesti kaasun kanssa vaahdotustilassa ja erottamalla muodostunutta vaahtoa siihen kiinnittyneine kiintoaineosasiineen nesteestä. Tarkoituksena on siten yhdistää edellä mainituissa avoimissa ja mekaanisilla tai pneumaattisilla sekoittajilla varustetuissa vaahdotuskennoissa sekä edellä mainituissa sinänsä tunnetuissa suljetuissa vaahdotuskennoissa ilmenevät edut ilman niitä haittoja tai rajoituksia, joita kummassakin vaahdotuskennotyyppissä ilmenee. Keksinnön avulla on siten aikaansaatu tapa ja laite, joiden avulla myös hienojakoista raskasta kiintoainetta voidaan tehokkaasti erottaa lietteestä ilman edellä mainittuja kosteus- ja pölyhaittoja, ja jonka tavan sekä laitteen lämpötilaus on hyvä ja jossa myös pöly saadaan talteen sekä palautetuksi vaahdotukseen.

Keksinnön pääasialliset tunnusmerkit ilmenevät oheisista patenttivaatimuksista.

Esillä olevan keksinnön avulla on siten aikaansaatu menetelmä ja laite, jotka mahdollistavat suljetun tai lähes suljetun kaasukierron aikaansaamisen nykyisin yleisesti käytössä olevissa vaahdotuskennoissa kaiken tyyppisiä, myös suuren laskeutusmisnopeuden omaavia, aineosasia vaahdotettaessa. Käsiteltävää lietettä johdetaan kemikaaleilla valmennettuna

keksinnön mukaiseen vaahdotuskennoon ja vaahdotettava kaasu dispergoidaan siihen mekaanisen sekoittajan avulla. Mekaaninen sekoittaja saa samalla aikaan riittävän turbulenssin kiintoaineen, nesteen ja kaasun pitämiseksi suspensiona. Kaasu voidaan myös dispergoida lietteeseen kaasusuutinten avulla pneumaattisesti, jolloin ylöspäin nousevat kaasukuplat saavat aikaan riittävän sekoituksen kiintoaineen ja nesteen sekä kaasun pitämiseksi suspensiona kennossa. Kaasukuplat kiinnittyvät halutun tyyppisiin kiintoainepartikkeleihin ja nousevat lietteen pintaan vahtokerrokseksi. Vahto poistetaan altaasta ylijouksuna. Lietettä poistetaan vaahdotuskennosta jatkuvasti jatkokäsittelyyn ja vaahdosta nousevaa kaasua käytetään uudelleen vaahdotuksessa.

Yllämainituista, ennestään tunnetuista laitteista poiketen palautettava kaasu ei keksinnön mukaisessa tavassa sisällä vaahtoa ja se johdetaan joko kokonaan tai lähes kokonaan suoraan vaahdotuskennon lietetilaan mekaanisen sekoittajan tai kaasusuutinten avulla dispergoitavaksi sen sijaan, että kaasua sekoitettaisiin syöttölietevirtaan tai johonkin ulkoiseen kaasun syöttöä varten tehtyyn lietekiertovirtaan. Vaahdon mukana ja mahdollisina vuotoina poistuva kaasumäärä korvataan syöttämällä tarvittava lisäkaasumäärä mihin tahansa vaahdotusjärjestelmän osaan, esim. kaasunsyöttöpumpun imupuolelle.

Esillä olevalla keksinnöllä on useita etuja verrattuna muihin tunnettuihin laitteisiin ja tapoihin. Keksintö mahdollistaa hyvin yksinkertaisesti nykyisin käytössä olevien mekaanisilla sekoittajilla varustettujen tai pneumaattisesti sekoitettujen avoimien vaahdotuskennojen käyttämisen suljettuina. Pääasialliset muutostyöt koostuvat vaahdotuskennon kattamisesta ja kaasuputken vetämisestä vaahdotuskennon katetusta osasta nykyisten kaasunsyöttökoneiden imupuolelle. Kaasupiirin kaasumäärän pitäminen vakiona voidaan toteuttaa erillisen kaasunsyöttöjärjestelmän avulla. Mikäli vaahdotuskaasuna käytetään ilmaa, riittää sopivankokoinen vuotoreikä tasaamaan kaasupiirin kaasumäärän vakioksi.

Keksinnön mukaisella tavalla ja laitteella saadaan vaahdotuksesta vapautuva kaasu, pöly, kosteus ja lämpöenergia

pysymään rikastusprosessissa. Rikastamorakennuksen ilman suhteellista kosteutta on voitu keksinnön avulla pudottaa 85 %:sta noin 56 %:iin. Samalla ilman lämpötila on laskenut 30°C-asteesta 25°C-asteeseen. Rikastamon tai muun vastaavan rakennuksen työhygienia on siten merkittävästi parantunut. Pienentynyt kosteus vähentää myös koneiden ja laitteiden korroosio- ja eristevaurioita sekä erilaisia kosteudesta aiheutuvia rakennevaurioita. Lisäksi on raaka-ainetappiot voitu eliminoida.

Lämpöenergian ja pölyn pysyminen prosessissa keksinnön avulla parantaa huomattavasti prosessin taloutta. Esimerkiksi rikastusprosessissa, jossa vaahdotuslietteen lämpötila on n. 30°C ja jossa vaahdotukseen puhalletaan n. 20 000 m<sup>3</sup>/h ilmaa ulkoa n. +5°C-asteen lämpötilasta ja 50 %:n kosteudesta, on vuotuinen lämpöenergian säästö n. 6000 MWh. Mikäli vaahdotuslietteen lämpötila on suurempi, esim. 90°C, on lämpöenergian säästö myös huomattavasti suurempi.

Keksintö mahdollistaa myös lisäksi muiden kaasujen kuin ilman, esim. CO<sub>2</sub>-, SO<sub>2</sub>-, N<sub>2</sub>-, Ar<sub>2</sub>- tai O<sub>2</sub>-kaasujen käyttämisen nykyisissä vaahdotuskennoissa ilman, että kennoja joudutaan vaihtamaan uudentyyppeihin.

Keksinnön mukaista tapaa selostetaan alla lähemmin viitaten oheiseen piirustukseen, jossa kuvio esittää poikkileikattua kaaviokuvaa eräästä keksinnön mukaisesta suoritusmuodosta.

Oheisessa piirustuksessa on vaahdotuskenno esitetty yleisesti viitenumerolla 1. Vaahdotuskennon 1 alaosassa on tuloputki 2 vaahdotettavaa lietettä varten ja sen vastakkaisessa päässä poistoputki 3 vaahdotettua lietettä varten. Vaahdotuskennon 1 sisällä olevan lietteen pintaan nousevat kuplat muodostavat lietteen pinnalle vaahtokerroksen, joka on merkitty viitenumerolla 4.

Kuten oheisesta piirustuksesta nähdään, on vaahdotuskenno 1 esillä olevan keksinnön mukaisesti peitetty kannella 11, jonka kehällä on vaahtokourut 5 ja 6, joihin vaahtoa 4 virtaa ylijuoksuna vaahdotuskennon 1 yläreunojen yli. Erottunut vaahto poistetaan kourusta 5 ja 6 putkia 7 ja 8 pitkin, jotka tarvittaessa on varustettu kaasulukoilla 9 ja 10. Vaahdotuskennon 1 sisään on sovitettu mekaaninen sekoittaja 18, jonka onton pystysuoran akselin 17 kautta vaahdotuskaasua syötetään vaahdotuskennoissa 1 olevaan lietteeseen ja dispergoidaan lietteeseen kuplien muodostamiseksi, joiden pintaan mineraaliosaset selektiivisesti tarttuvat ja voidaan siten erottaa lietteestä. Vaahdosta 4 erottunutta kaasua poistetaan vaahtokerroksen 4 ja kannen 11 rajoittamasta kaasutilasta poistoputken 12 avulla, jossa on venttiili 13 ja johdetaan edelleen pumppuun 14, josta kaasu ja sen mukana seuraava kosteus sekä pöly palautetaan putkea 15 pitkin mekaanisen sekoittimen 18 onton akselin 17 kautta lietteeseen. Kaasukierron kaasumäärää voidaan säätää venttiilin 19 avulla, jonka kautta tuoretta vaahdotuskaasua johdetaan kaasunkiertoysteemiin.

On selvää, että kaasua voidaan myös johtaa suoraan vaahdotuskennon seinämän alaosaan tai pohjan läpi mekaanisen sekoittimen 18 alle.

Tyypillisiä malmeja ja mineraaleja, joita voidaan käsitellä esillä olevan keksinnön mukaisella tavalla ja laitteella, ovat korotetussa lämpötilassa hyvin vaahdottamalla erottuva apatiitti, sinkkivälke ja kuparikiisu, runsaasti pölyävä kvartsi ja maasälpä sekä myrkyllisiä kaasuja päästävä rautakiisu. Malmin tai mineraalin osaskoko on tavallisesti 0,01-1 mm.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä erottaa vaahdottamalla hienojakoista kiintoainetta, jolla on suuri ominaispaino, sekoittamalla kemikaaleilla valmennetun hienojakoisen kiintoaineen ja nesteen lietettä mekaanisesti tai pneumaattisesti kaasun kanssa vaahdotustilassa ja erottamalla muodostunutta vaahtoa siihen kiinnittyneine kiintoaineosasineen nesteestä, t u n n e t t u siitä, että kostea ja pölyinen vaahdotuskaasu otetaan talteen ja sekoitetaan vaahdotustilassa mekaanisesti tai pneumaattisesti lietteeseen.

2. Laite suuren ominaispainon omaavan hienojakoisen kiintoaineen erottamiseksi lietteestä vaahdottamalla, jossa laitteessa on vaahdotuskenno (1), jossa on elin (2) vaahdotettavan lietteen syöttämiseksi vaahdotuskennoon, elin (3) vaahdotetun lietteen poistamiseksi vaahdotuskennosta (1), elimiä (5-10) vaahdon (4) poistamiseksi ylijooksuna vaahdotuskennosta (1), elin (17) kaasun syöttämiseksi vaahdotuskennoon (1) ja elin (18) kaasun dispergoimiseksi lietteeseen ja suspension ylläpitämiseksi vaahdotuskennossa (1), t u n n e t t u siitä, että vaahdotuskenno (1) on suljettu (11) ja siinä on elimiä (12-13) kaasun poistamiseksi kennon yläosasta ja palauttamiseksi kennoon (1).

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että kaasun dispergointielin on mekaaninen sekoitin (18) ja että kaasun syöttöelin (17) on sekoittimen (18) akselin muodostava alapäästään avoin putki, joka yläpäästään on yhdistetty kaasun kierrätyselimiin (12-15),

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että kaasun kierrätyselimissä (12-15) on syöttöputki (19) tuoreen vaahdotuskaasun syöttämiseksi vaahdotuskennoon (1).

Patentkrav

1. Förfarande för att medelst flotation separera ett finfördelat fast material med hög specifik vikt, genom att omröra ett slam av ett medelst kemikalier konditionerat finfördelat fast material och en vätska mekaniskt eller pneumatiskt med en gas i ett flotationsutrymme och separera det bildade skummet med därvid fästa fasta partiklar från vätskan, k ä n n e t e c k n a t av att den fuktiga och dammiga flotationsgasen återvinnes och omröres i flotationsutrymmet mekaniskt eller pneumatiskt med slammet.
  
2. Anordning för att medelst flotation separera ett finfördelat fast material med hög specifik vikt från ett slam, vilken anordning omfattar en flotationscell (1) med ett organ (2) för inmatning av slammet som skall floterar i flotationscellen, ett organ (3) för avlägsnande av det floterade slammet från flotationscellen (1), organ (5-10) för avlägsning av skum (4) som ett överlopp från flotationscellen, ett organ (17) för inmatning av gas i flotationscellen (1) och ett organ (18) för dispergering av gasen i slammet och uppehållande av suspensionen i flotationscellen (1), k ä n n e t e c k n a t av att flotationscellen (1) är tillsluten (11) och den omfattar organ (12-13) för avlägsnande av gasen från cellens övre parti och recirkulering därav i cellen (1).
  
3. Anordning enligt patentkravet 2, k ä n n e t e c k n a t av att gasens dispergeringsorgan är en mekanisk omrörare (18) och gasens inmatningsorgan (17) är ett nedtill öppet rör som bildar omrörarens (18) axel och vars övre ända är förbunden med gasens recirkulationsorgan (12-15).
  
4. Anordning enligt patentkravet 3, k ä n n e t e c k n a t av att gasens recirkulationsorgan (12-15) omfattar ett inmatningsrör (19) för inmatning av färsk flotationsgas i flotationscellen (1).

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

-

