



[B] (11) KUULUTUSJULKAISU 65022
UTLÄGGNINGSSKRIFT

C (45) Patentti myönnetty 12 03 1984
Patent meddelat

(51) Kv.lk.³/Int.Cl.³ B 03 C 1/00

SUOMI—FINLAND

(FI).

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(21) Patentihakemus — Patentansökan	783802
(22) Hakemispäivä — Ansökningsdag	11.12.78
(23) Alkuperä — Giltighetsdag	11.12.78
(41) Tulut julkisiksi — Blivit offentlig	14.06.79
(44) Nähtävölkäpönen ja kuuljulkaisun pvm. — Ansökan utlagd och utskriften publicerad	30.11.83
(32)(33)(31) Pyydetty etsöikeus — Begärd prioritet	13.12.77

17.11.78 Etelä-Afrikan Tasavalta-Sydafrikanska
Republiken(ZA) 77/7409, 78/6464

- (71) Foskem (Proprietary) Limited, "Wegsteek", Phalaborwa 1390, Transvaal,
Etelä-Afrikan Tasavalta-Sydafrikanska Republiken(ZA)
- (72) Phillip Frederick Burton, Phalaborwa, Transvaal,
Etelä-Afrikan Tasavalta-Sydafrikanska Republiken(ZA),
Risto Tapani Hukki, Espoo, Suomi-Finland(FI)
- (74) Oy Kolster Ab
- (54) Mineraalien talteenotto ultraemäksisistä kivilajeista -
Utvinning av mineraler ur ultrabasiska gångarter

Viime vuosikymmenien aikana tapahtunut apatiitin hyödyntäminen ja taloudellisesti menestyksellinen talteenotto Phalaborwan magmakivikompleksin ultraemäksisistä malmioista Etelä-Afrikan tasavallassa on merkinnyt metallurgian huomattavaa läpimurtoa, koska toisaalta malmin pitoisuus oli harvinaisen pieni ja toisaalta saatiin siten käyttöön suuret malmivarat.

Aluksi kaupallinen mielenkiinto rajoittui malmikiveen, joka tuli tunnetuksi foskoriittina ja jossa apatiitin prosentuaalinen osuus (joskin pieni tavanomaisen mittakaavan mukaan) oli suurempi kuin kompleksin muussa osassa. Avain apatiitin menestykselliselle konsentroidinnille ja puhdistamiselle foskoriitista (kehitetty pitkällisen kokeilun jälkeen lukuisilla malminkäsittelymenetelmillä) oli uusi vaahdotusmenetelmä.

Muutamia vuosia myöhemmin keksittiin ja kehitettiin pitkien ja monitahoisten kokeiden jälkeen muita vaahdotusmenetelmiä, jotka

65022

myös mahdollistivat suurien apatiittimäärien menestyksellisen hyödyntämisen kompleksin jopa köyhemmästä pyroksemiittityyppisestä apatiittimalmista. Näitä menetelmiä on käytetty kaupallisesti noin 10 vuotta ja ne ovat sekä saantojen (90 %:iin saakka) että laadun suhteen olleet niin menestyksellisiä, että alan asiantuntijat olivat varsin varmoja siitä, että vaahdotus on ainoa tehokas vastaus ongelmiin apatiitin talteenottamiseksi tämän tyyppisestä malmikivestä.

Näissä olosuhteissa ja koska kokeet monimutkaisilla HIMS-märkämenetelmillä (HIMS = high intensity magnetic separation, suurtehomagneettinen erotus) eivät johtaneet mihinkään käyttökel- poisiin tuloksiin), uskottiin varmasti, että ainoat lisäparannus- näkökohdat liittyivät vaahdotusmenetelmien kehittämiseen. Tämä kanta omaksuttiin ja hyväksyttiin vaahdotukselle ominaisista haitoista huolimatta. Esimerkkejä näistä ovat

- a) suuri energiantarve
- b) laitteiston monet liikkuvat osat
- c) suuri kuluminen ja rikkoutuminen
- d) kalliit kemikaalit
- e) suuri vedentarve
- f) vaikeita päästeiden sijoitusongelmia
- g) malmin hienojauheeseen ja lietteeseen ja myös niiden sijoittamiseen liittyviä ongelmia
- h) huolellinen kontrolli ja usein tapahtuvat säädöt tarpeen
- i) herkkyys malmi- ja sivukivimineraalien vaihteluille
- j) malmin jauhaminen pieneen hiukkaskokoon ja tähän liittyvät ongelmat
- k) lisälaitteiden kuten pumppujen, sakeuttimien, suotimien, kuivauslaitoksen, säätöelinten jne. suuret pääoma- ja käyttökustannukset.

Lisäksi ei ollut mahdollista taloudellisesti parantaa kaik- kia talteenotetun apatiitin laatu- ja määräkohtia tyydyttämään kaikkia teknisiä, mm. mahdollisiin vientimarkkinoihin liittyviä vaatimuksia. Erityisiä ongelmia aiheutti talteenotetun apatiitin MgO-pitoisuus, so. tyyppillisesti 2 % MgO:ta foskoriittikonsentraateissa ja tyyppi- lisesti 1,1 % MgO:ta runsaammissa pyroksemiittikonsentraateissa. Jopa jälkimmäinen MgO-pitoisuus ylittää suuresti monet hyväksymis- rajat.

Diammoniumfosfaatin (merentakaisilla markkinoilla erityisen suositun lannoitteen) valmistuksessa MgO:lle määrätty raja on 0,6 %. Superfosforihapon ja teknisen korkealaatuisen fosfaatin valmistuksessa malmifosfaatin yläraja on 0,3 % MgO:ta. Siten on selvää, että on ollut todellinen tarve parantaa yhtä tai useampaa yllä mainittua kohtaa.

Käsiteltävänä oleva keksintö perustuu huolellisten kokeiden varsin yllättäviin ja odottamattomiin tuloksiin, joiden mukaan, kuten alla joissakin tapauksissa tarkemmin selitetään, on mahdollista saavuttaa erittäin hyviä apatiittisaantoja pyrokseeniittimalmista ja usein jopa parempia saantoja kuin parhaimmilla patentinhakijan tuntemilla vaahdotusmenetelmillä ja lisäksi MgO-pitoisuus on tavallisesti huomattavasti pienempi kuin konsentroitaessa samaa malmia vaahdottamalla - usein riittävän pieni tyydyttämään kansainvälisten normien mitä ankarimmat puhtausvaatimukset.

Erityisen yllättäviä nämä tulokset ovat aikaisempien täydellisten epäonnistumisien valossa käyttökelpoisten tulosten saavuttamiseksi HIMS-märkämenetelmin, vaikka näiden menetelmien asiantijat suorittivat nämä kokeet monimutkaisen laitteiston avulla. Normaalisti HIMS-märkämenetelmällä saadut tulokset indikoivat luotettavasti HIMS-kuivamenetelmillä odotettavissa olevia tuloksia.

Patentinhakija on myös tietoinen siitä, että HIMS-kuivamenetelmää on aikaisemmin käytetty fosfaattipitoisten malmien yhteydessä, kuten esim. on julkistettu US-patentissa 3 022 956, hyväksytty 27. 2. 1962. Kuitenkin tällainen HIMS-kuivamenetelmän aikaisempi käyttö on tässä yhteydessä rajoittunut erittäin ferromagneettisen aineksen kuten magneettisten ja vastaavien rautamalmimineraalien erottamiseen apatiitista.

Phalaborwan magmakivikompleksin pyrokseeniittimalmi, joka muodostuu apatiitista, flogopiitista ja/tai vermikuliitista ja diopsidista on tietenkin täysin erilainen raaka-aine verrattuna magneetti-fosfaattityyppisiin malmeihin ja siten se edustaa aivan erilaista ja uutta metallurgista ongelmaa. Tämän erilaisuuden päävaikkeutena on ferromagneettisten mineraalien puuttuminen tai näennäinen puuttuminen näistä pyrokseeniittimalmeista. Seurauksena on, että erotettavat mineraalikomponentit eivät attrahoidu tai attrahoituvat heikosti. Siten magneettinen erotus ei tunnu tarjoavan ratkaisua näissä pyrokseeniittityyppisissä malmeissa olevien erilaisten mineraalikomponenttien erottamiseksi.

Niinpä käsiteltävänä olevan keksinnön eräänä kohteena on tarjota parannettu menetelmä mineraaliyhdisteiden, so. pyrokseeniittityyppisten malmien erottamiseksi tämän tapahtuessa tässä käsitellyn julkaisun mukaisesti ja keksijöiden ja patenttihakijan tietojen ja kokemuksen mukaisesti.

Käsiteltävänä olevan keksinnön mukaan tarjotaan menetelmää apatiittimalmin käsittelymiseksi metallurgisesti, tunnettu siitä, että pyrokseeniittityyppinen, hienonnettu malmi, joka pääasiassa muodostuu hiukkasista, joiden koko on 40 mikronista ylöspäin, esim. 600 mikroniin saakka, erityisesti 400-100 mikronia, mieluummin 350-120 mikronia ja mieluiten 300-150 mikronia määritettyä seula-analyysin avulla, HMS-kuivaerotetaan attrahoitumattoman jakeen talteenottamiseksi, joka pääasiassa muodostuu apatiittikoncentraatista, joka on erotettu pyrokseeniittimalmin silikaattimembraaleista attrahoituvina jakeina.

Hienonnetusta malmista yli 70 paino-%, erityisesti yli 80 paino-% ja mieluiten yli 90 paino-% on yllä määritellyllä hiukkas-kokoalueella.

HMS-fraktioinnin optimimuuttujat riippuvat käytetystä laitteistosta ja asiantuntijoiden on helppo määrittää ne empiirisesti edellyttäen, että fraktioitava aines ensin joutuu kohtalaisen voimakkaaseen kenttään kenttävoimakkuuden kasvaessa portaattomasti tai sopivasti vaihteittain aineksen kulkiessa prosessin läpi. Jos kenttävoimakkuus alussa on liian suuri apatiitti poistuu heikosti magneettisten sivukivimineraalien mukana.

Määritettiin seuraavat suositeltavat fraktiointiolosuhteet käyttäen tunnettua 'Frantz' isodynaamista HMS-erotinta:

Ensimmäinen vaihe: 6000-8000 gaussia, mieluiten 6500-7500 gaussia, esim. 7000 gaussia

Toinen vaihe: 8500-10500 gaussia, mieluiten 9000-10000 gaussia, esim. 9500 gaussia

Loppu(puhdistus)vaihe: 12000-20000 gaussia, mieluiten 15000-19000 gaussia, esim. 18500 gaussia.

Nämä olosuhteet ovat helposti muunneltavissa toteutettaessa menetelmä vastaavasti suuressa mittakaavassa esim. induktiokäämikoneilla tai kestopagneettikoneilla. Ennen ensimmäistä vaihetta voidaan käyttää voimakkuudeltaan n. 2000 gaussia oleva kuorimisvaihe ferromagneettisen aineksen poistamiseksi. Käytetään tavanomaisia

periaatteita seulajäännösten tai välituotejakeiden uudelleenkierrättämiseksi.

Mieluiten käytettävä malmi sisältää apatiitin ohella lähinnä diopsidia ja flogopiittia ja/tai vermikuliittia laimennus(sivukivi)mineraaleina ja mieluiten lähes yksinomaan näitä. Normaalisti pienet kalsiitti- ja/tai maasälpäepäpuhtaudet ovat merkityksettömiä. Jopa suhteellisen suuret kalsiittikonsentraatiot eivät ole merkittäviä, jos apatiittikonsentraatti joko vaahdotetaan apatiitin erottamiseksi kalsiitista (esim. kuten on kuvattu yhdessä tai useammassa RSA-patenttijulkaisussa 64/3405, 67/0921, 72/7149, 75/8043, 76/0660 ja 76/0661) tai sekoitetaan pieninä määrinä pyrokse-nittikonsentraatteihin, joissa on vähän tai ei lainkaan kalsiittia.

Yllättäen havaittiin, että HIMS-kuivatekniikka määritellyllä hihkkaskokoalueella voi olla tehokas jopa pääasiassa erittäin konsentroidusta flogopiitista muodostuvan lisäjakeen talteenottamiseksi heikosti attrahoituvista mineraaleista. Toisin sanoen menetelmän avulla pystytään myös tehokkaasti erottamaan flogopiitti ja/tai vermikuliitti diopsidista. Koska flogopiitti ja/tai vermikuliitti voidaan näin pienellä lisävaivalla ottaa talteen, niistä voi tulla käyttökelpoinen lisätuote ja erityisesti flogopiitista. Flogopiitti voi toimia potaskan ja myös alumiinin kaupallisena lähteenä. Vermikuliitti ei sisällä potaskaa.

Phalaborwassa flogopiitti on täysin tai osaksi muuttunut vermikuliitiksi rapautuneessa malmivyöhykkeessä pohjaveden pinnan yläpuolella. Tämän pinnan alapuolella on vain flogopiittia.

Niinpä keksinnön erään lisänäkökohdan mukaan tarjotaan menetelmää, joka tunnetaan siitä, että hienonnettua pyrokseeniittia-ainesta, jonka hiukkaskoko on pääasiassa yllä määritellyllä alueella, käsitellään HIMS-kuivamenetelmällä heikosti attrahoituvan jakeen talteenottamiseksi, joka pääasiassa muodostuu magneettisesti attrahoituneesta flogopiitti- ja/tai vermikuliittikonsentraatista erotettuna heikommin attrahoituneesta diopsidista ja attrahoitumattomasta apatiitista.

Jälleen kerran saattaa olla toivottavaa kohottaa kenttävoimakkuutta portaattomasti tai selvästi erottuvina vaiheina aineksen kulkiessa prosessin läpi jotta poistettu, heikosti attrahoitunut tai attrahoitumaton aines ei likaisi attrahoitunutta flogopiittia.

Käsiteltävänä oleva HIMS-erotusmenetelmä ei tee lainkaan tai hyvin vähän eroa flogopiitin ja vermikuliitin välillä. Mutta haluttaessa nämä kaksi mineraalia voidaan erottaa toisistaan erillisvaiheessa esim. seulomalla (ilmavirtaerotus).

Käytettäessä "Frantz" isodynaamista HIMS-erotinta sopivat olosuhteet ovat seuraavat, mikäli apatiitti on jo erotettu pois.

Tällöin tavallisesti havaitaan, että yksivaihe-erotus kentässä 8000-12000, mieluiten 10000 gaussia riittää asianmukaiseen erotukseen ja talteenottoon.

Jos halutaan ottaa apatiitti ja flogopiitti talteen yhdessä ajossa prosessin HIMS-osassa sopivat olosuhteet (käyttäen "Frantz" isodynaamista HIMS-erotinta) ovat pääasiassa samat kuin yllä apatiitin puhdistuksen yhteydessä esitetyt. Kuvatuissa olosuhteissa (joita käytännössä voidaan vaihdella monin tavoin ja joihin voidaan tehdä erilaisia parannuksia kuten välituotejakeiden uudelleenkierrätys) on havaittu, että kentässä 8000-12000, mieluiten 10000 gaussia talteenotettu magneettinen jae on usein melkein puhdasta flogopiittia ja/tai vermikuliittia.

Tällöinkin asiantuntija voi vastaavasti soveltaa yllä mainittuja periaatteita muuhun HIMS-kuivalaitteistoon.

Havaittiin, että hiukkaskokoalueella ja erityisesti yllä määritellyllä on voimakas vaikutus talteenotetun apatiitin saantoihin ja puhtauteen.

Suurella hiukkaskoolla, esim. yli 750 mikronia ja jopa yli 400 mikronia on huonontava vaikutus, mikä mahdollisesti johtuu eri mineraalilajien riittämättömästä vapautumisesta, mutta mahdollisesti pääasiassa "hihnaleviämis" ilmiöstä, joka ilmenee hiukkaskokoalueen ollessa liian laaja. Niinpä on suositeltavaa käyttää HIMS-kuivamenetelmässä kohtalaisen kapean kokoalueen omaavia hiukkasia.

Kuvatun hiukkaskoon (johon kuuluu vaahdotukseen parhaiten sopiva kokoalue) alapuolella hiukkaset ovat liian pieniä tyydyttävien tulosten saavuttamiseksi. Yleisesti ottaen jae -40 mikronia sopii hyvin vaahdotukseen.

On erityisen merkitsevää, että tavanomaisin jauhatusmenetelmin on mahdollista (huomattavasti pienemmin kustannuksin kuin jauhettaessa vaahdotuksen edellyttämään hienompaan hiukkaskokoon) saa-

da jauhatustuote, josta vähintään 60 paino-%, tavallisesti 70 paino-%:iin saakka ja huolellisella käsittelyllä ja menetelmävalinnalla enemminkin on alueella 400-100 mikronia. Menetelmän suositeltavien toteuttamismuotojen lisäerikoispiirteinä on hienojauheen erottaminen ja prosessaus apatiitin lisäsaamiseksi erilaisin menetelmin esim. käytössä olevin vaahdotusmenetelmin, joissa tämä hienojauhe on ihanteellinen.

Näissä olosuhteissa on mahdollista sopivissa tapauksissa käyttää olemassa olevia vaahdotuslaitteita hienojauheen konsentroidumiseksi vaahdottamalla. Toisaalta oli tarpeen laajentaa laitoksen kokonaiskapasiteettia lisäämällä HMS-kuivalaitteisto ja parantamalla jauhatustehoa sekä lisäämällä sopiva lajittelulaite.

Jälkimmäinen voi muodostua tavanomaisesta seulontalaitteesta kuten seulahihnoista tai sykloneista. Jotta kuitenkin välttyttäisiin lajitellun aineksen kuivaamiselta on suositeltavaa käyttää kuivalajittelumenetelmää ja erityisesti ilmalajittelua.

Joissakin tapauksissa voi myös olla mahdollista (ottaen huomioon kokonaislaadun ja -taloudellisuuden) fraktioida hienojauhe tyydyttävällä tavalla HMS-kuivaerotusmenetelmällä. Tällainen yhdistetty menetelmä, jossa karkeita hiukkasia käsitellään HMS-kuivamenetelmällä ja hienojauhe fraktioidaan HMS-märkämenetelmällä, on myös keksinnön eräs toteuttamismuoto.

Mieluiten jauhetaan kuivissa olosuhteissa myöhemmän kuivauksen eliminoimiseksi.

Keksinnön suositeltavan lisäerikoispiirteen mukaan käytetään autogeenista jauhamista (joka teräksen säästön ohella eliminoi toisen ja kolmannen murskauksen). Optimoimalla tämän tekniikan yhdistelmä ja paineilmalajittelu voidaan olettaa saatavan 80 %:iin tai jopa 90 %:iin saakka hiukkasia, jotka kooltaan sopivat HMS-kuivaerotusvaiheessa. Hauraat malmityypit, joiden määrä Phalabrowan magmakivikompleksissa on suhteellisen pieni, jauhetaan sopivammin puoliautogeenisissä olosuhteissa tai sekoitetaan yleisempiin malmityyppeihin.

Keksinnön erään lisänäkökohdan mukaan menetelmään voidaan liittää vaiheet, joissa hienonnettu pyrokseeniittimalmi, joka pääasiassa muodostuu hiukkasista, joiden kokoalue on n. 40-1000 mikronia määritettynä seula-analyysin avulla, jaetaan kolmeksi hiukkas-

kokovirraksi, erotetaan suhteellisen hienot hiukkaset kuivamenetelmällä suurtehomagneettisesti, erotetaan keskikokoiset hiukkaset kuivamenetelmällä suurtehomagneettisesti, jota edeltää sähköstaattinen erotus, sekä erotetaan suhteellisen karkeat hiukkaset pelkästään sähköstaattisesti attrahoitumattoman jakeen talteenottamiseksi, joka pääasiassa muodostuu apatiittikonsentraatista erotettuna yhdestä tai useammasta heikommin attrahoituvasta jakeesta.

Suhteellisen hienojen hiukkasten kokoalue voi olla n. 40-300 mikronia, keskikokoisten hiukkasten kokoalue n. 300-600 mikronia ja suhteellisen karkeiden hiukkasten kokoalue n. 600-1000 mikronia.

Menetelmä voi sisältää vaiheen, jossa hienonnettu malmi paineilmalajittelallaan haluttujen hiukkaskokovirtojen saamiseksi ennen magneettista ja/tai sähköstaattista erotusta. Mieluiten paineilmalajittelu suoritetaan vähintään yhdessä suljetun piirin muodostavassa paineilmalajittelijan ja sykloniyksikön yhdistelmässä (kuvattuna alla).

Keksinnön patenttisuojapiiri koskee myös laitosta, joka muodostuu yllä kuvatun keksinnön mukaisen menetelmän toteuttamiseksi suunnitellusta laiteyhdistelmästä.

Erityisesti tarjotaan metallurgista, kuvattuun tarkoitukseen sopivaa laitosta, jonka yhdistelmänä muodostavat

- a) jauhamislaitteisto, sitä seuraava
- b) kuivalajittelulaitteisto, ja sitä seuraava
- c) HIMS-kuivalaitteisto.

Yksityiskohtaisemmin jauhamislaitteisto on autogeenista kuivatyyppiä ja mieluiten lajittelulaitteisto on ilmalajittelulaite.

Mieluiten lajittelulaitteisto on muunnettu syöttämään hienojauhejae vaahdotuslaitteistoon tai HIMS-märkälaitteistoon, mieluummin edelliseen.

Laitteiston muut suositeltavat tai vaihtoehtoiset erikoispiirteet ilmenevät menetelmän yllä olevasta kuvauksesta.

Esimerkki 1

Phalaborwan magmakivikompleksista otettuja apatiittipitoisen pyrokseniitin porareikänytteitä murskattiin, jauhettiin, jaettiin hiukkaskoon mukaan jakeiksi seulomalla ja HIMS-kuivaerotettiin

"Frantz" isodtnaamisessa erottimessa.

Kukin jae syötettiin kolme kertaa laitteiston läpi (ei-magneettinen jae palautettiin syöttösuppiloon) ja simuloitiin näin esivaahdotus-, puhdistus- ja uudelleenpuhdistusvaiheet.

Laitteiston kulma poikittaissuunnassa säädettiin $+10^{\circ}$:ksi ja kulma pituussuunnassa $+25^{\circ}$:ksi.

Käytetyt kenttävoimakkuudet olivat: ensimmäinen vaihe 7000 gaussia, toinen vaihe 9500 gaussia ja loppu(puhdistus)vaihe 18500 gaussia.

Useimmissa kokeissa ensimmäisen vaiheen magneettinen jae kentässä 7000 gaussia oli lähes puhdasta (n. 95 paino-%) flogopiittia. Toisen vaiheen (kentässä 9500 gaussia) magneettinen jae oli lähes yksinomaan diopsidia.

Apatiittia koskevat tulokset ilmenevät seuraavasta taulukosta:

Porareikä n:o	Syvyys metriä	HIMS-kuivaerotuksen laboratoriotulokset	Hiukkaskokoalue mikronia		
			425/300	300/150	150/75
600/1525	32,3	Syöte P_2O_5 Konsentraatti % P_2O_5 Saanto % % MgO konsentraatissa	2,8 25,7 68,6 0,91	3,17 27,2 70,9 0,7	4,21 27,6 55,6 0,22
500/1 200	138,0- 152,4	Syöte % P_2O_5 Konsentraatti % P_2O_5 Saanto % % MgO konsentraatissa	7,12 38,7 95,2 0,19	10,6 39,4 97,4 0,17	12,6 35,9 36,0 1,6
400/1 200	100,8 - 114,0	Syöte % P_2O_5 Konsentraatti % P_2O_5 Saanto % % MgO konsentraatissa	5,01 39,8 77,7 0,16	7,79 39,4 91,0 0,17	8,79 40,4 24,4 0,19
300/1 200	93,6 - 111,6	Syöte % P_2O_5 Konsentraatti % P_2O_5 Saanto % % MgO konsentraatissa	3,79 34,1 67,5 0,26	6,97 35,9 88,0 0,24	8,52 35,4 75,5 0,22
600/1 300	150,5 - 159,7	Syöte % P_2O_5 Konsentraatti % P_2O_5 Saanto % % MgO konsentraatissa	14,9 40,5 97,5 0,23	18,4 40,6 95,2 0,18	20,3 39,4 97,6 0,19
400/1 100	42,7 - 56,4	Syöte % P_2O_5 Konsentraatti % P_2O_5 Saanto % % MgO konsentraatissa	5,55 39,5 94,6 0,34	9,08 39,3 98,5 0,29	10,9 39,6 69,5 0,24
600/1 200	115,2 - 132,0	Syöte % P_2O_5 Konsentraatti % P_2O_5 Saanto % % MgO konsentraatissa	6,57 12,7 95,2 1,9	7,79 13,0 93,8 0,3	7,44 12,7 46,2 0,6
400/1 300	71,9 - 91,4	Syöte % P_2O_5 Konsentraatti % P_2O_5 Saanto % % MgO konsentraatissa	4,0 39,6 84,5 0,2	7,8 39,6 91,2 0,3	5,5 39,4 86,0 0,2
600/1 300	83,2 - 99,7	Syöte % P_2O_5 konsentraatti % P_2O_5 Saanto % % MgO konsentraatissa	9,78 38,5 88,3 0,7	13,62 39,7 91,2 0,3	16,29 36,6 77,3 1,3

Porareikä n:o	Syvyys metriä	HIMS-kuivaerotuksen laboratoriotulokset	Hiukkaskokoalue mikronia		
			425/300	300/150	150/75
400/1 500	141,4 - 152,4	Syöte % P_2O_5	4,42	6,78	8,78
		Konsentraatti % P_2O_5	36,4	37,0	37,0
		Saanto %	93,6	98,5	74,6
		% MgO konsentraatissa	0,2	0,2	0,1
500/1 500	118,9 - 138,7	Syöte % P_2O_5	8,41	11,8	12,8
		Konsentraatti % P_2O_5	40,1	39,4	39,4
		Saanto %	78,4	89,4	72,4
		% MgO konsentraatissa	0,3	0,3	0,3
400/1 200	37,2	Syöte % P_2O_5	10,29	14,4	11,9
		Konsentraatti % P_2O_5	40,2	40,0	40,0
		Saanto %	87,3	94,6	94,0
		% MgO konsentraatissa	0,3	0,3	0,3
500/1 200	53,0 - 70,1	Syöte % P_2O_5	8,76	10,9	13,1
		Konsentraatti % P_2O_5	36,9	37,4	35,0
		Saanto %	96,1	96,7	72,7
		% MgO konsentraatissa	0,7	0,3	0,5
500/1 200	121,3 - 138,1	Syöte % P_2O_5	8,13	10,6	11,3
		Konsentraatti % P_2O_5	36,3	37,4	35,6
		Saanto %	96,0	92,3	95,1
		% MgO konsentraatissa	1,4	1,3	1,7
86	33,8	Syöte % P_2O_5	2,57	3,43	5,72
		Konsentraatti % P_2O_5	39,3	38,6	39,6
		Saanto %	92,7	73,4	77,5
		% MgO konsentraatissa	-	0,5	0,2
89	139,0 - 163,1	Syöte % P_2O_5	3,98	6,97	9,35
		Konsentraatti % P_2O_5	38,8	39,7	39,6
		Saanto %	83,9	83,0	95,8
		% MgO konsentraatissa	0,6	0,3	0,3

Havaitaan, että lähes poikkeuksetta saatiin näytteillä alueella 300-150 mikronia erittäin tyydyttäviä tuloksia. Saannot olivat erinomaisia ja MgO-pitoisuudet täyttivät lähes kauttaaltaan mitä ankarimmat vaatimukset. Tulosten valossa kyseessä on maailman puhtain kaupallinen fosfaatti.

Eräissä tapauksissa jopa karkeammilla tai hienommilla hiukkasilla saatiin tyydyttäviä tuloksia. Mutta keskimäärin näiden kokoalueiden tulokset pyrkivät olemaan virheellisiä. Hienojakeet sopivat erinomaisesti vaahdotukseen kuten esim. on kuvattu yhdessä tai useammassa RSA-patenttijulkaisussa 64/3405, 67/0921, 72/7149, 75/8043, 76/0660 ja 76/0661.

Havaitaan apatiitin pieniä pitoisuuksia, kun mukana on kalsiitti- ja/tai maasälpäkerrostumia. Molemmat ovat ei-magneettisia ja raportoituvat siten apatiittijakeeseen. Apatiitin saanto lienee silti suuri.

Taulukon ensimmäinen näyte on poikkeava malmi, joka sisältää epätavallisen määrän kalsiittia. Phaloborwakompleksissa kalsiittia esiintyy vain pieninä taskuina.

Näyte porareidstä n:o 600/1200 115,2-132,0 metrin kohdalla on myös poikkeava, koska se sisälsi harvinaisen paljon kalsiittia. Tämä johtui pienistä kalsiittijuoneista kalliossa.

Tämä selittää konsentraatin pienen fosfaattipitoisuuden. Sekoitettuina muihin konsentraatteihin tällaiset konsentraatit ovat merkityksettömiä. Mutta mikäli tällainen menetelmä kohottaisi liikaa keskimääräistä kalsiittipitoisuutta on helppo erottaa konsentraatin apatiitti kalsiitista vaahdottamalla esim. yhdessä tai useammassa yllä mainitusta patentissa kuvatulla tavalla, jotka asiantuntija halutessaan helposti pystyy soveltamaan sopivalla tavalla. Tutkituilla alueilla kalsiittijuonteet edustivat vähempää kuin 1 % malmin kokonaismassasta.

Porareidstä n:o 500/1200 syvyys 121,3-138,1 metriä otettu näyte oli sikäli poikkeava, että se todennäköisesti sisälsi hieman dolomiittia, josta suuret MgO-arvot johtuivat. Dolomiitti on tarvittaessa poistettavissa puhdistamalla myöhemmin esim. vaahdottamalla.

Porareidän 86 näytteen virheelliset saannot johtuvat kalsiitista ja/tai maasälvästä tai jostakin muusta poikkeavuudesta.

Verrattaessa käsiteltävänä olevaa menetelmää ja kaupallisia,

saman tyyppistä malmia käyttäviä menetelmiä on havaittu tai laskettu erittäin huomattavia säästöjä ja etuja:

1. Apatiittikonsentraatti on helposti valmistettavissa (melkein kaikki testatut näytteet) vastaamaan vaativimpia puhtausnormeja ja erityisesti tämä koskee MgO -pitoisuutta.
 2. Nykykustannuksiin perustuvat pääomasäästöt on arvioitu n. 60 %:ksi verrattuna samantehoiseen vaahdotuslaitokseen (vaahdotuskennnot, suodatuslaitos, lietteen konsentroimislaitteisto, kuivauslaitos).
 3. Kemiaallisia reagensseja ei käytetä ja energiasäästöt ovat yllättävän suuret. Eräiden arvioiden mukaan pelkästään energiansäästö olisi 60-75 % tonnia kohti konsentraattia. Vaahdotuksen reagenssikustannukset ovat neljä kertaa energiakustannuksia suuremmat. Varovaisimman arvion mukaan käyttökustannusten kokonaissäästö olisi vähintään 50 %.
 4. HIMS-kuivakonsentraatti on vapaasti juokseva ja lähes pölytön. Paineilmalajittelu voi poistaa pölyn.
 5. Autogeenisellä jauhamisella saavutetaan edullisempi hiukkaskokojakautuma, se säästää jauhatusterästä ja poistaa malmin toiseen ja kolmanteen murskaamiseen, varastointiin ja käsittelyyn liittyviä pääoma- ja käyttökustannuksia.
 6. Menetelmän edellyttämä suurempi hiukkaskoko vähentänee jauhamiskustannuksia.
 7. Päästeongelmia ei esiinny ja vettä ei tarvita (poikkeuksena on pohjaveden pinnan alapuolisten malmien käsittely vaahdottamalla).
 8. Sivutuotteena voidaan valmistaa flogopiittikonsentraatti pienin lisäkustannuksin tai ilman niitä.
 9. Menetelmä on paljon epäherkempi syötteen tai koostumuksen vaihteluille.
 10. Laadun huononemista ei ole havaittavissa.
- Esikokeet induktiokäämikoneilla osoittavat, että käytettäessä oikeita asetuksia ja uudelleenkierrätystekniikkoja voidaan saavuttaa vastaavia laatuja ja saantoja. Esim. Eriez'in induktiokäämillä varustetulla suurtehomagneettierottimella, käämin pituus 75 cm, saatiin seuraavat tulokset:

Konsentraatti % P_{205}	Saanto %	Syöttönopeus tonnia/tunti
38,8	59	5
37,4	87	4
38,6	72	3

Esimerkki 2

Flogopiitin talteenotto pyrokseeniitista

Seuraavasta taulukosta ilmenee flogopiitin suhteellinen prosenttimäärä, joka saatiin kerta-ajossa käyttäen Frantz isodynaamista erotinta, jonka kulma poikittaissuunnassa oli 25° ja pituussuunnassa 10° ja kenttävoimakkuus n. 5000 gaussia (0,5 A). Näytteiden hiukkaskokoalue oli 425-150 mikronia.

Attrahoitumaton (tai heikosti attrahoituva) fraktio muodostui apatiitista ja diopsidista, jotka oli erotettava esimerkissä 1 kuvatulla tavalla (toinen ja kolmas vaihe).

Koe n:o	Porareikä n:o	Syvyys metriä	Flogopiitin suhteellinen % raportoituna magneettisessa jakeessa	Flogopiitin talteenotto % magneettisessa jakeessa
11	400/1200	0 - 34,1	98	90 - 95
37	600/1200	0 - 57,9	60	90 - 95
26	400/1500	41,5 - 64,6	40	90 - 95
31A	600/1525	32,3 - 60,0	95	90 - 95
8	400/1300	71,0 - 91,4	98	90 - 95
27	500/1400	75,6 - 93,9	98	90 - 95
35	600/1400	106,7 - 120,4	98	90 - 95
22	600/1300	116,7 - 133,5	95	90 - 95
7	400/1500	141,4 - 152,4	10	90 - 95
32	600/1525	130,5 - 152,4	95	90 - 95

Syynä kokeiden 37, 26 ja 7 flogopiitin pieneen suhteelliseen prosenttipitoisuuteen on malmin diopsidivoittoisuus, so. siinä on hyvin vähän flogopiittia. Kaikkien näytteiden kokonaissaanto oli 90-95 %. Tällaisessa diopsidityyppisessä malmissa diopsidin käyttäytyminen ei ole tyypillistä, vaan se käyttäytyy enemmän flogopiitin tapaan kuin tyypillisemmissä malmeissa.

Flogopiitin optimisaanto ja suurin puhtaus saavutetaan poikittaiskulmalla 10° vaihtelualueen ollessa $7-12^{\circ}$. Apatiitin optimisaanto ja suurin puhtaus saavutetaan kulmalla $7-12^{\circ}$ keskiarvon ollessa 10° .

Esimerkki 3

Flogopiitin ja apatiitin HIMS-kuivamenetelmävalmistuksen juoksukaavio ilmenee kuvasta 1 ja se on itseselitteinen.

Toinen vaiheen magneettista jaetta voidaan käsitellä lisäerotusvaiheessa kentässä 7000 gaussia, jolloin saadaan lisää flogopiittia.

Esimerkki 4

Eristettävänä vain apatiitti -HIMS-kuivamenetelmä

Tässä pätee kuvan 2 juoksukaavio, joka yllä olevan valossa on itseselitteinen.

Esimerkki 5

Eristettävänä vain apatiitti - HIMS-kuivamenetelmä

Tässä pätee kuvan 3 juoksukaavio, joka yllä olevan valossa on itseselitteinen.

Esimerkki 6

Eristettävänä vain apatiitti - HIMS-kuivamenetelmä

Tässä pätee kuvan 4 juoksukaavio, joka yllä olevan valossa on itseselitteinen.

Esimerkki 7

Apatiitin, flogopiitin ja diopsidin talteenotto HIMS-kuivamenetelmällä

Tässä pätee kuvan 5 juoksukaavio, joka yllä olevan valossa on itseselitteinen.

Esimerkki 8

Flogopiitti seulajäännöksestä

Seulajäännökset voidaan johtaa

a) apatiittivalmistuksen vaahdotusprosessista

b) esimerkistä 4, 5 ja 6.

Seulajäännöksiä käsitellään yhdessä HIMS-kuivavaiheessa kentässä 7000 gaussia. Magneettinen fraktio on flogopiittia.

Huom. Kaikki yllä mainitut esimerkit pätevät samalla tavoin korvattaessa flogopiitti kokonaan tai osittain vermikuliitilla.

Esimerkki 9

Pyrokseniittimalmin kuivakonsentroidin

Viitaten kuvaan 6, jossa nähdään pyrokseniittimalmin kuivakonsentroidin tyypillinen juoksukaavio, symbolit tarkoittavat seuraavia prosessiyksiköjä:

A on autogeeninen kuivamyly joko litteätyyppisenä A1 tai putkityyppisenä A2.

Jauhaminen voi tapahtua yhdessä tai kahdessa vaiheessa, so. autogeenisessä kuivamylyssä ja sen jälkeen kuivapiikivimyllyssä. Käytettäessä teräskuulia on vältettävä kuulajauhamista HIMS:n vuoksi.

B on seula, mieluiten tärytyyppiä.

C on kauhaketjueleვაattori.

D ja F on kaksivaiheinen lajitteluvaihe, jonka paineilmalajittelulaitteet tunnetaan Hukki-lajittelulaitteina. Kummankin toiminta kuvataan yksityiskohtaisemmin alla.

Joskin Hukki-lajittelulaitteen keskuosa muodostuu kuvassa 7 näkyvästä lajitteluyksiköstä, jota voidaan käyttää yksivaiheisena lajittelulaitteena, muodostuu Hukki-lajittelulaitteesta 10 liitettynä suljettuna ilmasysteeminä sarjassa pystysykloniin (ei kuvassa), joka toimii toisena lajittelulaitteena. Itse lajittelulaitteen 10 muodostavat ilmantulo 12 ja mineraalituotteen tulo 14 liitettynä sektoriannostelijan 16 välityksellä lajittelulaitteen 10 sisäosaan. Läppä 18 säättää ilman määrää, joka virtaa tulon 14 alitse ja pitää tulon 14 loitolla läpistä 18.

Suhteellisen suuret hiukkaset poistuvat kohdassa 20 läppien 22 alapuolitse. Hienommat hiukkaset poistuvat kohdassa 24. Säädettyä siipi 26 määrää tarkoin kokojakautuman kohdassa 24 poistuvien

hiukkasten ja hiukkasten välillä, jotka kierrätetään uudelleen lajittelulaitteen 10 pääilmavirtaan.

Toiminnan luonteesta riippuen joko karkeat tai hienommat hiukkaset voidaan johtaa sykloniin. Suositeltavassa menetelmässä hienommat hiukkaset johdetaan sykloniin.

G on pystysykloni.

H, J ja K ovat kolme pienempää Hukki-lajittelulaitetta, jotka on järjestetty kolmivaiheiseksi lajitteluvaiheeksi hienompien, esim. -89 mikronin hiukkasten erottamiseksi mineraalivirrasta.

L on pieninopeuksinen ilmavirta pölyn, esim. -40 mikronin hiukkasten puhaltamiseksi myllystä A.

N on pölykammio eli kollektori.

O on esim. -40 mikronin hiukkasten pöly-vesisekoitin, josta seos voidaan johtaa esim. vaahdotuslaitokseen (ei kuvassa) tai hyllyssä hylätä. Q ja R ovat kaksi Mogensen-lajittelulaitetta kummankin muodostuessa sarjasta kaltevia, saman silmäkoon omaavia seuloja. Jokainen seula on kuitenkin edellistä kaltevampi, jolloin lajiteltavalla aineksella on tarjolla seulan pienenevä tehollinen silmäkoko. Käytännössä lajittelulaitteita tärytetään tuotannon parantamiseksi. Mutta yleensä tämän tyyppisen lajittelulaitteen tuotanto ei ole kovin suuri.

Mogensen-lajittelulaitteista Q ja R karkea mineraalijae, esim. +600 mikronia, syötetään sähköstaattisiin erottimiin E kuten juoksukaaviosta käy ilmi ja hienomineraalijakeet, esim. -300 mikronia, syötetään kuvan osoittamalla tavalla HIMS-kuivakäsittelyyn.

Kuten kuvasta ilmenee mineraalijae 300-600 mikronia erotetaan ensin sähköstaattisesti ja sitten HIMS-kuivamenetelmällä.

P on fosfaattikonsentraatteja, esim. apatiittia ja T on kiillemineraaleja, esim. flogopiittia ja/tai diopsidia. Juoksukaaviossa on esitetty mineraalifraktion virtaus, jolloin saavutetaan mineraalihiukkaskokojen tehokas lajittelu ennen HIMS-kuivakäsittelyä.

Kuvion 6 yleinen juoksukaavio varmistaa mm. sen, että minimäärä pölyä syötetään sähköstaattisiin erottimiin ja että sähköstaattinen erotus poistaa maksimaalisesti karkeat seulajäännökset.

Alla on esimerkkejä yleisen juoksukaavion muunnelmista.

Esimerkki 10

Kuvion 6 leisessä juoksukaaviossa seula B voidaan edullisesti ja ottaen huomioon tuotannon ja pölyn korvata karkealla Hukki-lajittelulaitteella, joka päästää läpi hiukkaset -1000 mikronia jatkolajittelua varten ja palauttaa hiukkaset +1000 mikronia myllyyn A.

Esimerkki 11

Kuvan 6 yleisessä juoksukaaviossa voidaan käyttää Dryflo-erotinta, jota kuvataan tarkemmin alla ja joka nähdään kuvassa 8, erottamaan kiille- ja ei-kiillemineraalit seulan B ylimittaiseksi jakeeksi ja paluuvirraksi myllyyn, jolloin ei-kiillemineraalit palautetaan myllyyn.

Viitaten kuvaan 8 Dryflo-erottimen muodostavat alaspäin kallistunut, kiilamuotoinen leijukerros 30, johon kuuluu pienpalkan tulo 32, ilmakammio 34, huokoinen kansi 36, esim. rei'itetty muovilevy, yksi laskukanava 38 ja ohjauslevy eli hajotin (ei kuvassa) kohdassa 40.

Erotettava aines syötetään kohdassa 30.1 ja erottimen leijukerrosvaikutus pyrkii erottamaan kerroksessa kohoavat levytyyppiset mineraalit ja kerroksessa laskevat kuutiotyypiset mineraalit. Laskukanavan 38 kohdalla ohjauslevy 40 jakaa erilleen levytyyppiset kiillemineraalit T ja kuutiotyypiset eli fosfaattimineraalit P.

Joskin kuvan 8 esittämän Dryflo-erottimen nykyisenä rajoituksena on sen melko pieni tuotanto, on mahdollista kehittää kiilamuoto puoliympyräksi tai kokoympyräksi keskellä olevine laskukanavineen tuotannon parantamiseksi. Tuotannon parantamiseksi voidaan rinnan käyttää useita Dryflo-erottimia.

Pölyn kontrolloimiseksi kuvan 8 kerros 30 on täysin eristetty suljettuun ilmasysteemiin. Nykyisten tuotantorajoitusten vuoksi Dryflo-erotinta voidaan käyttää vain juoksukaavion myöhemmässä vaiheessa, esim. ennen +1000 mikronin aineksen ensimmäistä sähköstaattista erotinta.

Esimerkki 12

Kuvan 6 yleisessä juoksukaaviossa sähköstaattisten erottimien kolme systeemiä voidaan korvata kukin Dryflo-erottimella mm. siksi, että syötejakeissa ei ole lainkaan tai on hyvin vähän pölyä.

Esimerkki 13

Kuvan 6 yleisessä juoksukaaviossa Mogensen-lajittelulaite Q voidaan korvata esim. kahdella Hukki-lajittelulaitteella, toinen +100 mikronin hiukkasia ja toinen 600-1000 mikronin hiukkasia varten. Hukki-seulajäännös (300-600 mikronia), joka muodostuu karkeasta kiille- ja hienosta kuutiotyypisistä aineksista, erotetaan sähköstaattisesti ja käsitellään sitten HIMS-kuivamenetelmällä. Täten on mahdollista jakaa kahdella karkean aineksen sähköstaattisella erotussysteemillä.

Esimerkki 14

Esimerkin 13 muunnetussa juoksukaaviossa toinen mogensen-lajittelulaite R voidaan myös korvata kahdella Hukki-lajittelulaitteella, toinen +600 mikronin ja toinen 300-600 mikronin hiukkasia varten. Voidaan yhdistää +600 mikronin virta ja 300-600 mikronin virta ennen sähköstaattista erotusta ja sen jälkeistä HIMS-kuivamenetelmää seulajäännökseen joutumisen asemasta.

Esimerkki 15

Esimerkin 14 muunnetussa juoksukaaviossa Hukki-lajittelulaitteet H, J ja K voidaan haluttaessa vähentää kaksivaihelajitteluksi.

Ennen kuin hienojauhejaa (-40 mikronia) syötetään vesisekoittimeen 0 on lisäksi mahdollista Hukki-mikrolajitella aines kolmessa vaiheessa +20 - 40 mikronin hiukkasten erottamiseksi -20 mikronin hiukkasista. Sitten +20 - 40 mikronin jaeetta voidaan käsitellä nelivaiheisella HIMS-kuivamenetelmällä esim. P:n ja T:n erottamiseksi ja -20 mikronin jae syötetään vesisekoittimeen 0.

Vaihtoehtoisesti, vaikka hienojauhetta jatkokäsitellään yllä kuvatulla tavalla, voidaan sähköstaattiset erottimet ja myös sähköstaattinen/HIMS-vaihe säilyttää.

Yleiseen juoksukaavioon voidaan luonnollisesti liittää yllä kuvattujen muunnelmien jokainen sopiva yhdistelmä mineraalituotteesta (tuotteista) ja halutuista tuloksista riippuen.

Haluttaessa pienempiä tuotesaantoja voidaan luonnollisesti käyttää pienempää määrää rinnan olevia HIMS-yksiköitä, esim. yhtä nelivaiheista magneettierotinta. Suuremmasta tai pienemmästä tuotannosta riippuen voidaan käyttää enemmän tai vähemmän prosessiyksiköitä kuin yllä olevissa esimerkeissä.

Joskin voidaan käyttää "Frantz" isodynaamista HIMS-erotinta on yhtä mahdollista käyttää "Salzgitter" suurtehomagneettista erotinta, jossa erikoisrakenteena on vastanavassa oleva ei-magneettinen liuska.

Tässä menetelmässä voidaan luonnollisesti käyttää muita sopivia suurtehomagneettisia erottimia.

Esimerkki 16

Viitaten kuvaan 9 siinä nähdään kaavamainen juoksukaavio fosfaattimalmin käsittelymiseksi Aerofall-myllyssä A jauhamisen jälkeen. Pöly ja hienojauhe poistetaan ilmapirralla pystypuhdistajan (tai ilmalajittelulaitteen) B kautta ja sarjassa lajittelulaitteiden C ja D kautta pölykammioon F. Prosenttiarvot ilmoittavat eri jakeilla saavutetun erotuksen.

HC on yksi tai useampi Hukki-lajittelulaite, HMC on yksi tai useampi Hukki-mikrolajittelukone, E on sähköstaattinen erotus ja M on HIMS-kuivamenetelmä. P on fosfaatti (apatiitti) ja T on hienojauhe tai kiilleaines.

Haluttaessa seula G voidaan korvata (karkealla) Hukki-lajittelulaitteella (ei kuvassa).

HIMS- ja sähköstaattinen erotus voi tapahtua nelivaiheisesti. Keksintö ei rajoitu tässä kuvattuihin esimerkkeihin. Seuraavat patenttivaatimukset muodostavat osan tästä julkistuksesta.

Patenttivaatimukset.

1. Menetelmä apatiittimalmin käsittelymiseksi metallurgisesti, t u n n e t t u siitä, että hienonnettu pyrokseeniittityyppinen malmi, jonka hiukkasten pääasiallinen koko on n. 40-600 mikronia määritettynä seula-analyysin avulla, erotetaan suurtehomagneettisen kuivamenetelmän avulla attrahoitumattoman jakeen talteenottamiseksi, joka pääasiassa muodostuu apatiittikonsentraatista erotettuna pyrokseeniittimalmin silikaattimineraaleista attrahoituvina jakeina.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että silikaattimineraalit ovat diopsidi ja flogopiitti ja/tai vermikuliitti.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että otetaan talteen heikosti attrahoitunut jae, joka pääasiassa muodostuu magneettisesti attrahoituneesta flogopiitti- ja/tai vermikuliittikonsentraatista erotettuna vähemmän voimakkaasti attrahoituneesta diopsidista ja attrahoitumattomasta apatiitista.

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että malmia käsitellään ensimmäisessä vaiheessa, jonka magneettikentän voimakkuus on 5000-10000 gaussia, flogopiitin ja/tai vermikuliitin ottamiseksi talteen diopsidista ja apatiitista ja valinnaisesti toisessa vaiheessa, jonka magneettikentän voimakkuus kasvaa.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että toisen vaiheen magneettikentän voimakkuus on 2000-4000 gaussia suurempi kuin ensimmäisen vaiheen magneettikentän voimakkuus.

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hiukkaskokoalue on n. 100-400 mikronia.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hiukkaskokoalue on n. 120-350 mikronia.

8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hiukkaskokoalue on n. 150-300 mikronia.

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että yli n. 70 % hienonnetusta malmista on mainitulla hiukkaskokoalueella.

10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u

siitä, että yli n. 80 % hienonnetusta malmista on mainitulla hiukkaskokoalueella.

11. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että yli n. 90 % hienonnetusta malmista on mainitulla hiukkaskokoalueella.

12. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hienonnettua malmia käsitellään peräkkäisissä, magneettikentän voimakkuudelta kasvavissa vaiheissa aloittaen ensimmäisellä kohtalaisen voimakkaalla magneettikentällä.

13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että vaiheet ovat pääasiassa alueella 6000-20000 gaussia ja että ensimmäinen vaihe on lähempänä alueen alarajaa ja viimeinen vaihe on sama kuin yläraja tai lähellä sitä.

14. Patenttivaatimuksen 12 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että ensimmäinen vaihe on 6000 ja 10000 gaussia tai näiden arvojen välissä ja seuraavat vaiheet 14000, 16000 ja 20000 gaussia.

15. Patenttivaatimuksen 12 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mukaan liitetään ensimmäistä vaihetta edeltävä pienitehomagneettinen kuorimisvaihe ferromagneettisen aineksen poistamiseksi hienonnetusta malmista.

16. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mukaan liitetään hienoaineksen erotusvaihe ja käsitellään tätä hienoainesta vaahdotusmenetelmällä.

17. Patenttivaatimuksen 16 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hienoaineksen koko on n. 40 mikronia tai pienempi.

18. Patenttivaatimuksen 16 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hienoaines erotetaan suurtehomagneettisella märkämenetelmällä.

19. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mukaan liitetään vaihe, jossa hienonnettu malmi paineilmalajitellaan ennen magneettista erotusta malmin lajittelemiseksi mainitulle hiukkaskokoalueelle.

20. Patenttivaatimuksen 19 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että paineilmalajittelu suoritetaan vähintään yhdessä suljetun piirin muodostavassa paineilmalajittelulaitteen ja sykloniyksikön yhdistelmässä.

21. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u

siitä, että mukaan liitetään menetelmän muunnelmana vaihe, jossa hienonnetun malmin hiukkaslajiteltu jae erotetaan sähköstaattisesti ennen magneettista erotusta.

22. Patenttivaatimuksen 21 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hiukkaslajiteltu jae on alueella n. 300-600 mikronia.

23. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mukaan liitetään vaihe, jossa malmi jauhetaan kuiva-autogeenisesti tai puoliautogeenisesti halutun hienousasteen saavuttamiseksi.

24. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mukaan liitetään vaiheet, joissa hienonnettu malmi, joka pääasiassa muodostuu hiukkasista, joden kokoalue on n. 40-1000 mikronia määritettynä seula-analyysin avulla, jaetaan kolmeksi hiukkaslajitelluksi virraksi, erotetaan suhteellisen hienot hiukkaset suurtehomagneettisella kuivamenetelmällä, erotetaan keskikokoiset hiukkaset suurtehomagneettisella kuivamenetelmällä, jota edeltää sähköstaattinen erotus, ja erotetaan suhteellisen karkeat hiukkaset pelkästään sähköstaattisesti attrahoitumattoman jakeen talteenottamiseksi, joka pääasiassa muodostuu apatiittikonsentraatista erotettuna yhdestä tai useammasta heikommin attrahoituneesta jakeesta.

25. Patenttivaatimuksen 24 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että suhteellisen hienojen hiukkasten kokoalue on n. 40-300 mikronia, keskikokoisten hiukkasten kokoalue on n. 300-600 mikronia ja suhteellisen karkeiden hiukkasten kokoalue on n. 600-1000 mikronia.

26. Patenttivaatimuksen 24 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mukaan liitetään vaihe, jossa hienonnettu malmi paineilmalajittelullaan ennen magneettista ja/tai sähköstaattista erotusta.

27. Patenttivaatimuksen 26 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että paineilmalajittelu suoritetaan vähintään yhdellä suljetun piirin muodostavalla paineilmalajittelulaitteen ja syklonyksikön yhdistelmällä.

28. Patenttivaatimuksen 24 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hienoja ja keskikokoisia hiukkasia käsitellään peräkkäisissä, magneettikentän voimakkuudeltaan kasvavissa vaiheissa

aloittaen ensimmäisellä kohtalaisen voimakkaalla magneettikentällä.

29. Patenttivaatimuksen 28 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että ensimmäisen magneettikentän voimakkuus on n. 5000
gaussia ja viimeisen magneettikentän voimakkuus n. 20000 gaussia.

30. Patenttivaatimuksen 29 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että magneettikentän voimakkuutta kohotetaan vaiheit-
tain 12000 gaussista 16000 gaussiin ja lopuksi 20000 gaussiin.

31. Patenttivaatimuksen 24 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että mukaan liitetään pienitehomagneettinen kuorimis-
vaihe ennen ensimmäistä vaihetta ferromagneettisen aineksen pois-
tamiseksi hienonnetusta malmista.

32. Patenttivaatimuksen 24 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että mukaan liitetään vaihe, jossa malmi jauhetaan
kuiva-autogeenisesti tai puoliautogeenisesti halutun hienousasteen
saavuttamiseksi ja erotetaan ylisuuret hiukkaset uudelleen jauhamis-
ta varten.

33. Patenttivaatimuksen 32 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että ylisuurien hiukkasten erottaminen tapahtuu paine-
ilmalajittelemalla ja/tai seulomalla.

34. Patenttivaatimuksen 32 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että mukaan liitetään vaihe, jossa ylisuuret hiukkaset
erotetaan sähköstaattisesti ennen uudelleenjauhamista.

35. Patenttivaatimuksen 24 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että mukaan liitetään vaihe, jossa hienoaaines erote-
taan ja käsitellään vaahdotusmenetelmällä.

36. Patenttivaatimuksen 35 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että hienoaineksen koko on n. 40 mikronia ja pienempi.

37. Patenttivaatimuksen 35 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että hienoaaines erotetaan paineilmalajittelemalla.

38. Menetelmä apatiittimalmin käsittelemiseksi metallurgi-
sesti, t u n n e t t u siitä, että hienonnettu pyrokseniittityyppi-
nen malmi, jonka hiukkasten pääasiallinen koko on n. 40-600 mikro-
nia määritettynä seula-analyysin avulla, erotetaan suurtehomagneet-
tisen kuivamenetelmän avulla heikosti attrahoituvan jakeen talteen-
ottamiseksi, joka pääasiassa muodostuu magneettisesti attrahoitu-
neesta flogopiitti- ja/tai vermikuliittikonsentraatista erotettuna
vähemmän voimakkaasti attrahoituneesta diopsidista ja attrahoitu-
mattomasta apatiitista.

39. Patenttivaatimuksen 38 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että hiukkaskokoalue on n. 100-400 mikronia.

40. Patenttivaatimuksen 38 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että hiukkaskokoalue on n. 120-350 mikronia.

41. Patenttivaatimuksen 38 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että hiukkaskokoalue on n. 150-300 mikronia.

42. Patenttivaatimuksen 38 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että yli n. 70 % hienonnetusta malmista on mainitulla
hiukkaskokoalueella.

43. Patenttivaatimuksen 38 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että yli n. 80 % hienonnetusta malmista on mainitulla
hiukkaskokoalueella.

44. Patenttivaatimuksen 38 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että yli n. 90 % hienonnetusta malmista on mainitulla
hiukkaskokoalueella.

45. Patenttivaatimuksen 38 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että hienonnettua malmia käsitellään peräkkäisissä,
magneettikentän voimakkuudelta kasvavissa vaiheissa aloittaen ensim-
mäisellä kohtalaisen voimakkaalla magneettikentällä.

46. Patenttivaatimuksen 45 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että malmia käsitellään ensimmäisessä vaiheessa, jonka
magneettikentän voimakkuus on 5000-10000 gaussia, flogopiitin ja/tai
vermikuliitin ottamiseksi talteen diopsidista ja apatiitista ja
valinnaisesti toisessa vaiheessa, jonka magneettikentän voimak-
kuus kasvaa.

47. Patenttivaatimuksen 46 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että mukaan liitetään vähintään yksi lisävaihe, jonka
magneettikentän voimakkuus kasvaa asteittain 20000 gaussiin diopsi-
din ottamiseksi talteen apatiitista.

48. Patenttivaatimuksen 38 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että mukaan liitetään vaihe flogopiitin ja vermikuliitin
erottamiseksi ilmavirtauserotuksella.

Patentkrav.

65022

1. Förfarande för metallurgisk behandling av apatitmalm, k ä n n e t e c k n a t därav, att man underkastar en malm av pyroxenittyp i finfördelad form och i huvudsak bestående av partiklar i storleksområdet ca 40-600 mikron bestämt genom siktanalys, högintensitetsmagnetisk torrseparering för återvinning av en oattraherad fraktion i huvudsak bestående av ett apatitkoncentrat separerat från silikatmineraler i pyroxenitmalm som attraherade fraktioner.

2. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att silikatmineralerna består av diopsid och flogopit och/eller vermiculit.

3. Förfarande enligt patentkravet 2, k ä n n e t e c k n a t därav, att man återvinner en svagt attraherad fraktion i huvudsak bestående av ett magnetiskt attraherat flogopit- och/eller vermiculitkoncentrat separerat från mindre kraftigt attraherad diopsid och oattraherad apatit.

4. Förfarande enligt patentkravet 3, k ä n n e t e c k n a t därav, att man underkastar malmen ett första steg med en magnetfältstyrka inom området 5000-10000 gauss för återvinning av flogopit och/eller vermiculit från diopsid och apatit och valbart ett andra steg med växande magnetfältstyrka.

5. Förfarande enligt patentkravet 4, k ä n n e t e c k n a t därav, att magnetfältstyrkan i det andra steget är från 2000 till 4000 gauss större än magnetfältstyrkan i det första steget.

6. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att partikelstorleksområdet är ca 100-400 mikron.

7. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att partikelstorleksområdet är ca 120-350 mikron.

8. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att partikelstorleksområdet är 150-300 mikron.

9. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att över ca 70 % av den finfördelade malmen är inom det specificerade partikelstorleksområdet.

10. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att över ca 80 % av den finfördelade malmen är inom det specificerade partikelstorleksområdet.

11. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att över ca 90 % av den finfördelade malmen är inom det specificerade partikelstorleksområdet.

12. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att man underkastar den finfördelade malmen successiva steg med växande magnetfältstyrka börjande med en måttlig första magnetfältstyrka.

13. Förfarande enligt patentkravet 12, k ä n n e t e c k n a t därav, att stegen i huvudsak är inom området 6000-20000 gauss och att det första steget är närmare den nedre gränsen och slutsteget är lika med den övre gränsen eller nära den.

14. Förfarande enligt patentkravet 12, k ä n n e c k n a t därav, att det första steget är vid 6000 och 10000 gauss eller mellan dessa värden och de följande successiva stegen vid 14000, 16000 och 20000 gauss.

15. Förfarande enligt patentkravet 12, k ä n n e t e c k n a t därav, att man inkluderar ett lågintensitetsmagnetiskt avskalningssteg före det första steget för avlägsnande av ferromagnetiskt material från den finfördelade malmen.

16. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t därav, att man inkluderar ett steg för separering av
finmaterial och underkastar detta ett flotationsförfarande.

17. Förfarande enligt patentkravet 16, k ä n n e t e c k n a t därav, att storleken hos finmaterialet är ca 40 mikron eller mindre.

18. Förfarande enligt patentkravet 16, k ä n n e t e c k n a t därav, att finmaterialet separeras genom högintensitetsmagnetisk
våtseparering.

19. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att man underkastar den finfördelade malmen ett tryckluftssorteringssteg före den magnetiska separeringen för
sortering av malmen i det specificerade partikelstorleksområdet.

20. Förfarande enligt patentkravet 19, k ä n n e t e c k n a t därav, att man utför tryckluftssorteringen med minst en kombination
av tryckluftssorterare och cyklonenhet, som bildar en sluten krets.

21. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att man som en modifikation av förfarandet underkastar en
partikelsorterad fraktion av den finfördelade malmen elektrostatisk
separering före den magnetiska separeringen.

22. Förfarande enligt patentkravet 21, k ä n n e t e c k n a t därav, att den partikelsorterade fraktionen är i området ca 300-600 mikron.

23. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att man underkastar malmen torr autogen eller halvautogen malning för erhållande av önskad finhetsgrad.

24. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att man separerar malmen i finfördelad form och i huvudsak bestående av partiklar i storleksområdet ca 40-1000 mikron bestämt genom siktanalys, i tre partikelsorterade strömmar, underkastar relativt fina partiklar högintensitetsmagnetisk torrseparering, underkastar medelstora partiklar högintensitetsmagnetisk torrseparering föregången av elektrostatisk separering och underkastar relativt grova partiklar enbart elektrostatisk separering för återvinning av en oattraherad fraktion i huvudsak bestående av ett apatitkoncentrat separerat från en eller flere svagt attraherade fraktioner.

25. Förfarande enligt patentkravet 24, k ä n n e t e c k n a t därav, att de relativt fina partiklarna är i storleksområdet ca 40-300 mikron, de medelstora partiklarna är i storleksområdet ca 300-600 mikron och de relativt grova partiklarna i storleksområdet ca 600-1000 mikron.

26. Förfarande enligt patentkravet 24, k ä n n e t e c k n a t därav, att man underkastar den finfördelade malmen tryckluftssortering före den magnetiska och/eller elektrostatiska separeringen.

27. Förfarande enligt patentkravet 26, k ä n n e t e c k n a t därav, att man utför tryckluftssorteringen med minst en kombination av tryckluftssorterare och cyklonenhet, som bildar en sluten krets.

28. Förfarande enligt patentkravet 24, k ä n n e t e c k n a t därav, att man underkastar de fina och medelstora partiklarna successiva steg med växande magnetfältstyrka börjande med en måttlig första magnetfältstyrka.

29. Förfarande enligt patentkravet 28, k ä n n e t e c k n a t därav, att den första magnetfältstyrkan är ca 5000 gauss och den slutliga magnetfältstyrkan ca 20000 gauss.

30. Förfarande enligt patentkravet 29, k ä n n e t e c k n a t

därav, att man höjer magnetfältstyrkan i successiva steg från 12000 gauss till 16000 gauss och slutligen till 20000 gauss.

31. Förfarande enligt patentkravet 24, k ä n n e t e c k n a t därav, att man inkluderar ett lågintensitetsmagnetiskt avskalningssteg före det första steget för avlägsnande av ferromagnetiskt material från den finfördelade malmen.

32. Förfarande enligt patentkravet 24, k ä n n e t e c k n a t därav, att man underkastar malmen torr autogen eller halvautogen malning för erhållande av önskad finhetsgrad och separerar överstora partiklar för nymalning.

33. Förfarande enligt patentkravet 32, k ä n n e t e c k n a t därav, att man utför separeringen av de överstora partiklarna genom tryckluftssortering och/eller siktning.

34. Förfarande enligt patentkravet 32, k ä n n e t e c k n a t därav, att man separerar de överstora partiklarna elektrostatiskt före nymalning.

35. Förfarande enligt patentkravet 24, k ä n n e t e c k n a t därav, att man separerar finmaterialet och underkastar detta ett flotationsförfarande.

36. Förfarande enligt patentkravet 35, k ä n n e t e c k n a t därav, att storleken hos finmaterialet är ca 40 mikron och mindre.

37. Förfarande enligt patentkravet 35, k ä n n e t e c k n a t därav, att man separerar finmaterialet genom tryckluftssortering.

38. Förfarande för metallurgisk behandling av apatitmalm, k ä n n e t e c k n a t därav, att man underkastar en malm av pyroxenittyp i finfördelad form och i huvudsak bestående av partiklar i storleksområdet ca 40-600 mikron bestämt genom siktanalys, högintensitetsmagnetisk torrseparering för återvinning av en svagt attraherad fraktion i huvudsak bestående av ett magnetiskt attraherat flogopit- och/eller vermiculitkoncentrat separerat från mindre kraftigt attraherad diopsid och oattraherad apatit.

39. Förfarande enligt patentkravet 38, k ä n n e t e c k n a t därav, att partikelstorleksområdet är ca 100-400 mikron.

40. Förfarande enligt patentkravet 38, k ä n n e t e c k n a t därav, att partikelstorleksområdet är ca 120-350 mikron.

41. Förfarande enligt patentkravet 38, k ä n n e t e c k n a t därav, att partikelstorleksområdet är ca 150-300 mikron.

42. Förfarande enligt patentkravet 38, k ä n n e t e c k n a t därav, att över ca 70 % av den finfördelade malmen är inom det

specificerade partikelstorleksområdet.

43. Förfarande enligt patentkravet 38, k ä n n e t e c k n a t därav, att över ca 80 % av den finfördelade malmen är inom det specificerade partikelstorleksområdet.

44. Förfarande enligt patentkravet 38, k ä n n e t e c k n a t därav, att över ca 90 % av den finfördelade malmen är inom det specificerade partikelstorleksområdet.

45. Förfarande enligt patentkravet 38, k ä n n e t e c k n a t därav, att man underkastar den finfördelade malmen successiva steg med växande magnetfältstyrka börjande med en måttlig första magnetfältstyrka.

46. Förfarande enligt patentkravet 45, k ä n n e t e c k n a t därav, att man underkastar malmen ett första steg med magnetfältstyrkan 5000-10000 gauss för återvinning av flogopit och/eller vermiculit från diopsid och apatit och valbart ett andra steg med växande magnetfältstyrka.

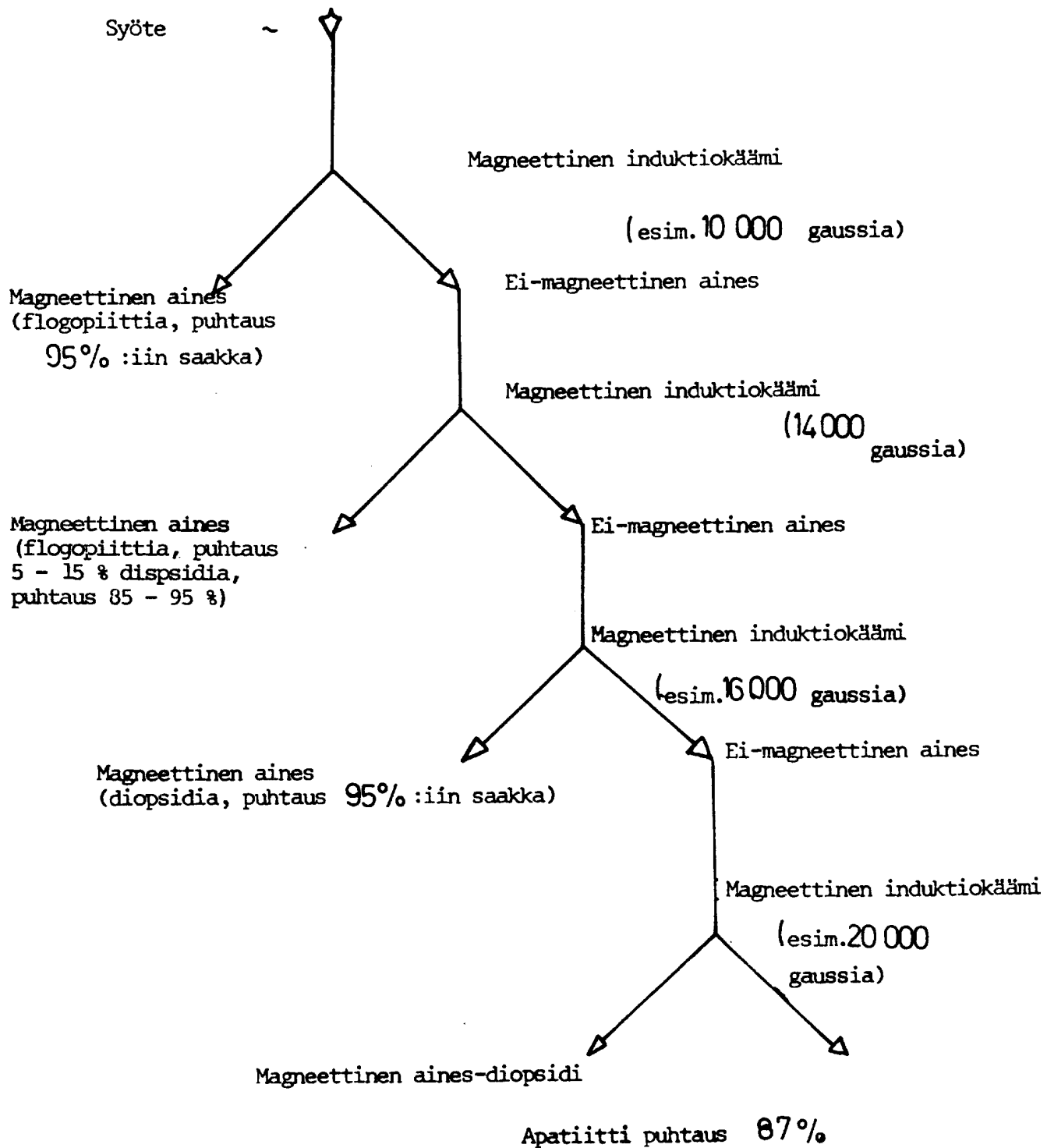
47. Förfarande enligt patentkravet 46, k ä n n e t e c k n a t därav, att man inkluderar åtminstone ett extrasteg med magnetfältstyrkan växande successivt till 20000 gauss för återvinning av diopsid från apatit.

48. Förfarande enligt patentkravet 38, k ä n n e t e c k n a t därav, att man inkluderar ett steg för separering av flogopit och vermiculit genom luftströmningsseparering.

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

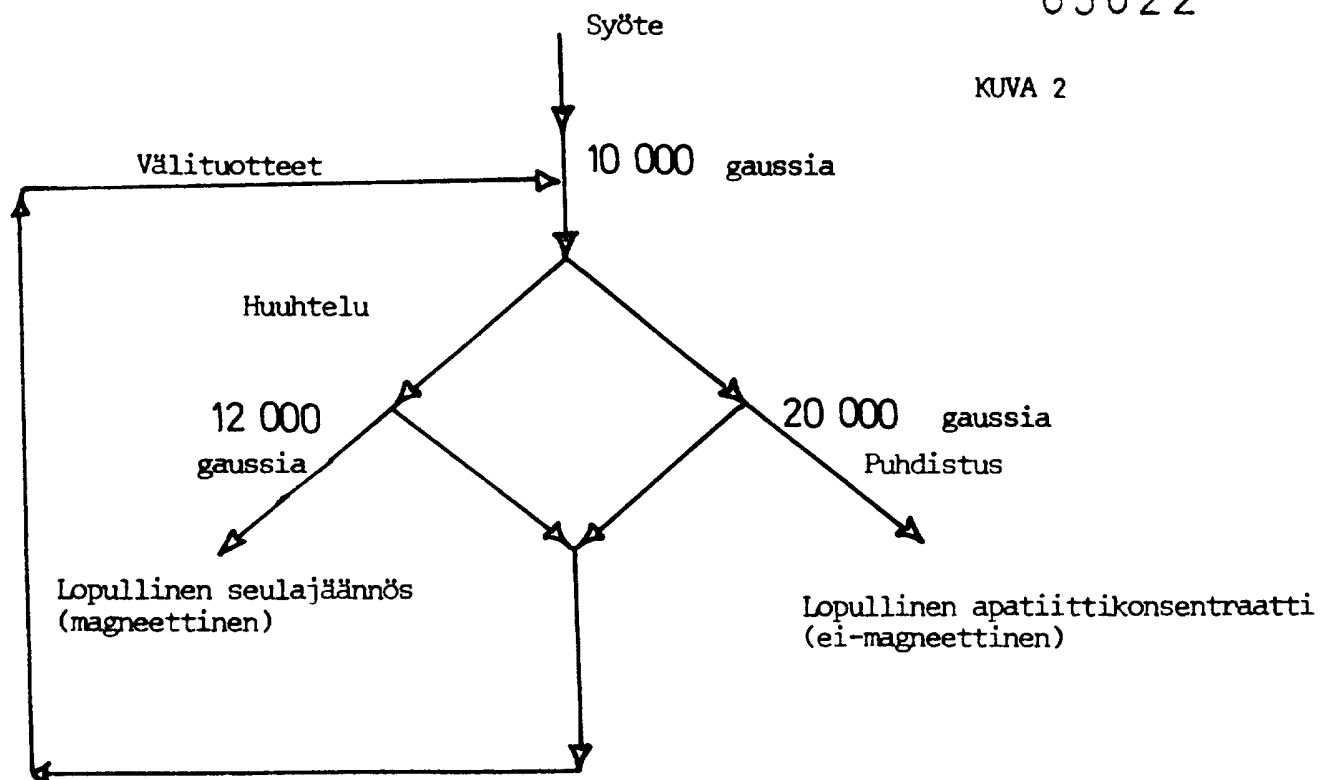
—

KUVA 1

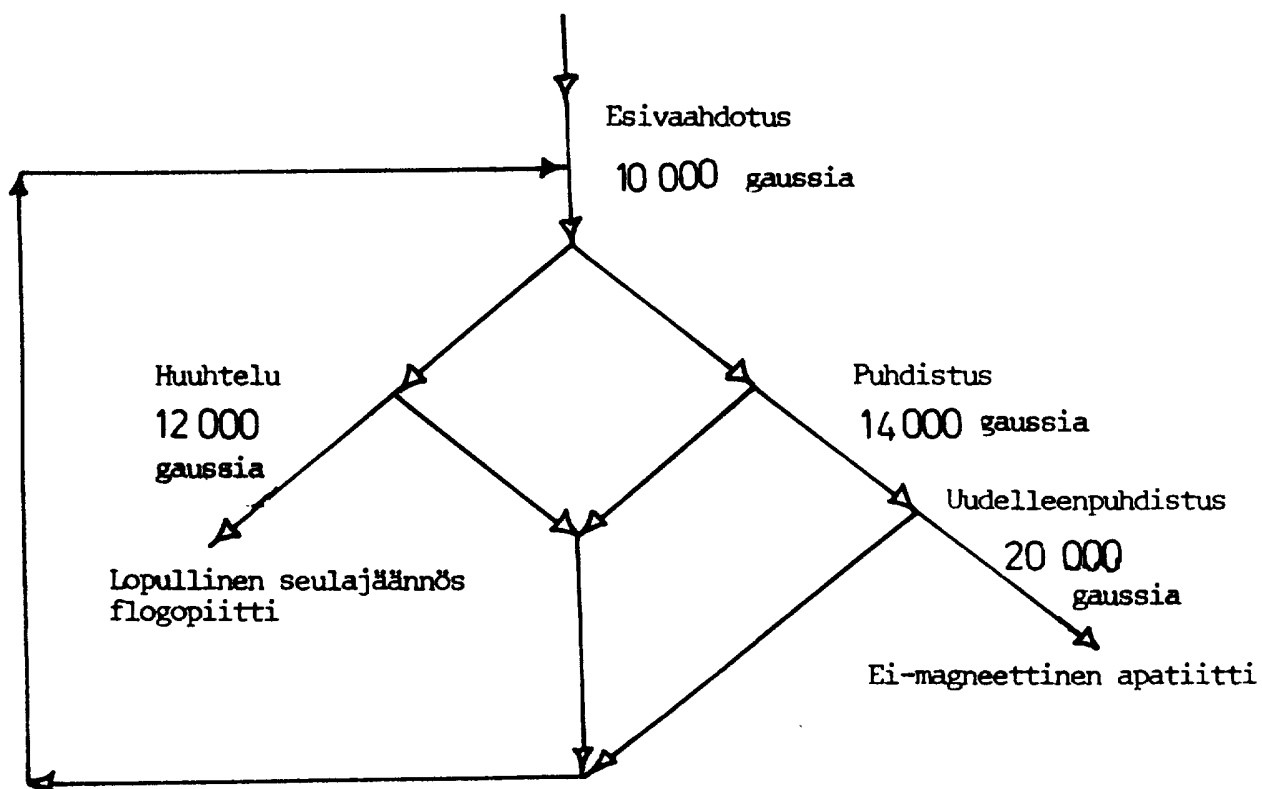


65022

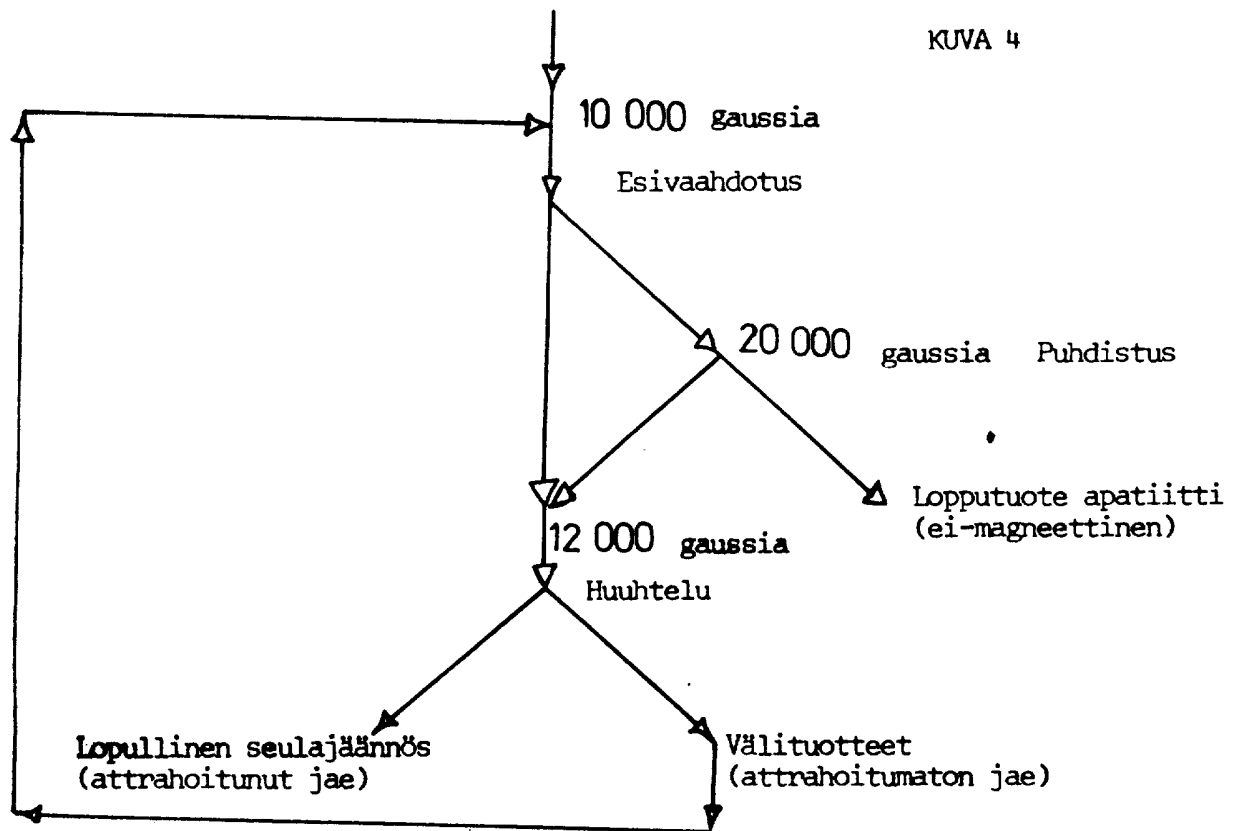
KUVA 2



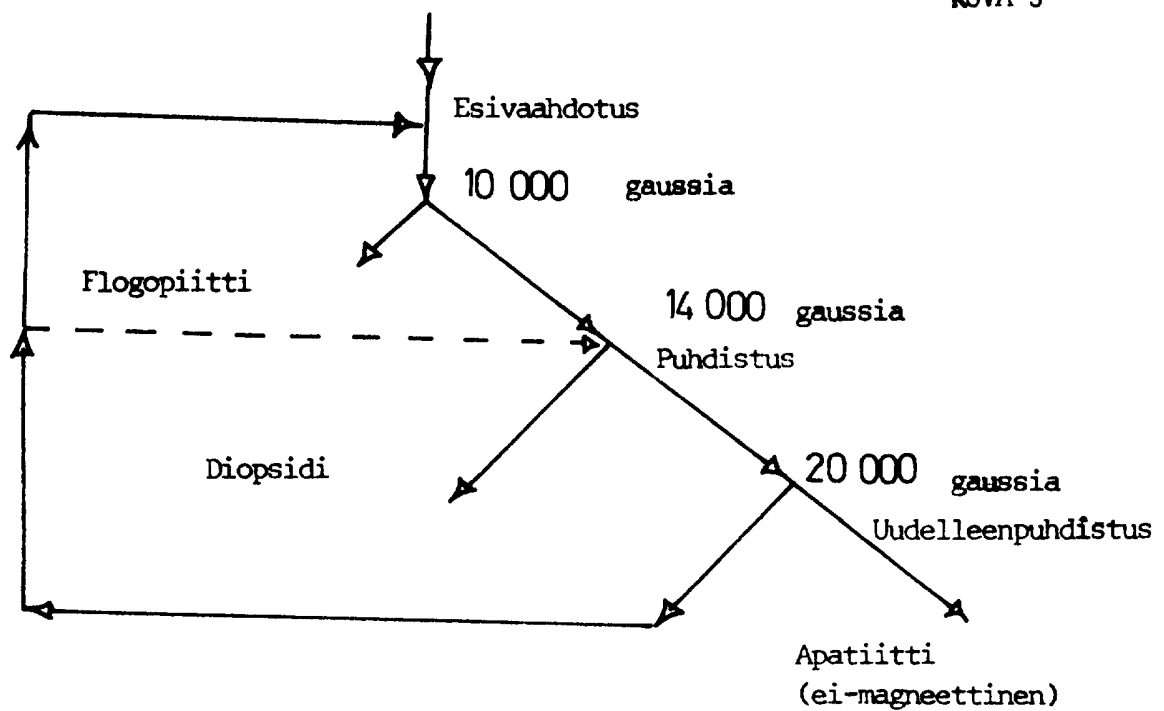
KUVA 3

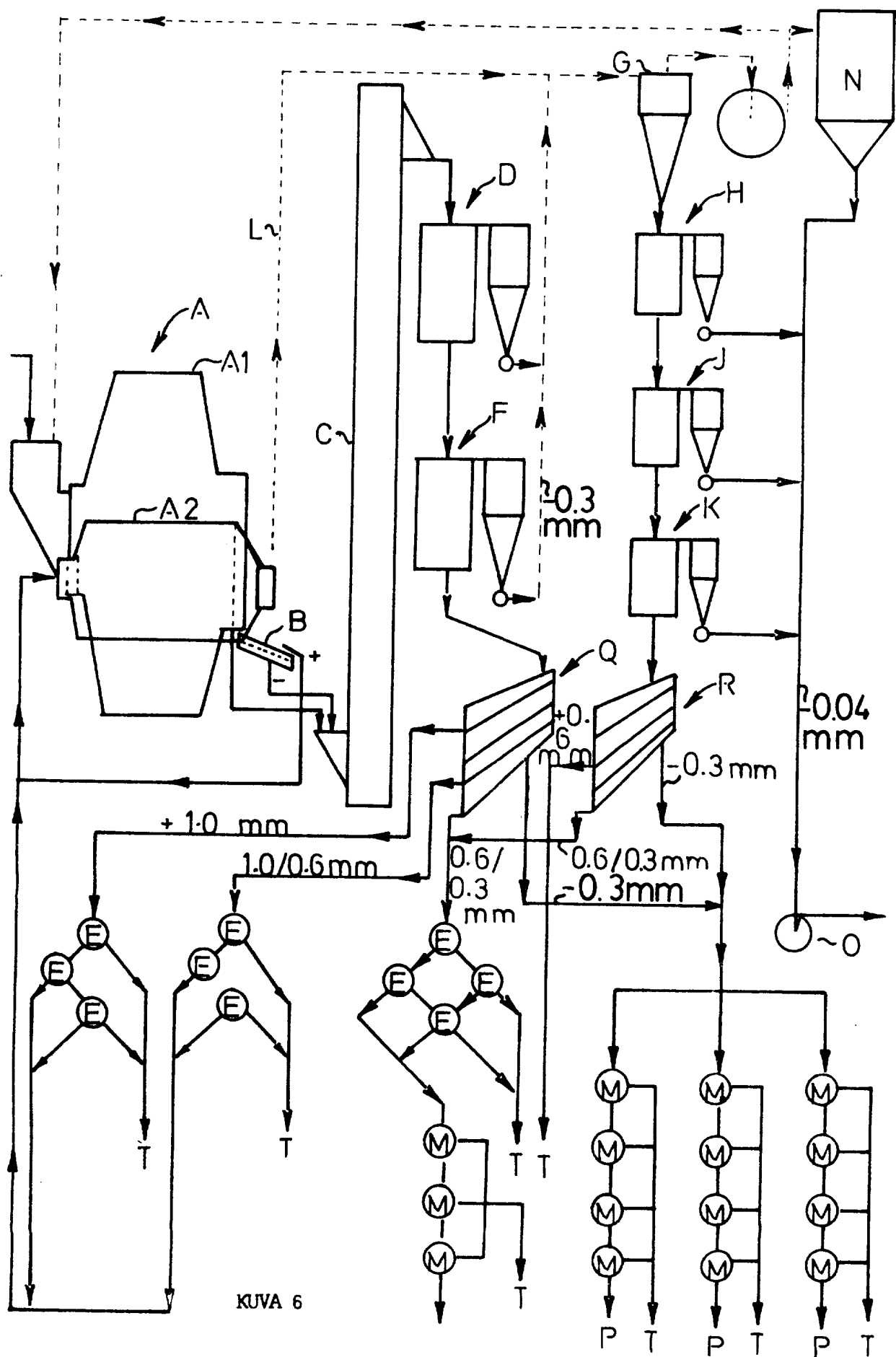


KUVA 4

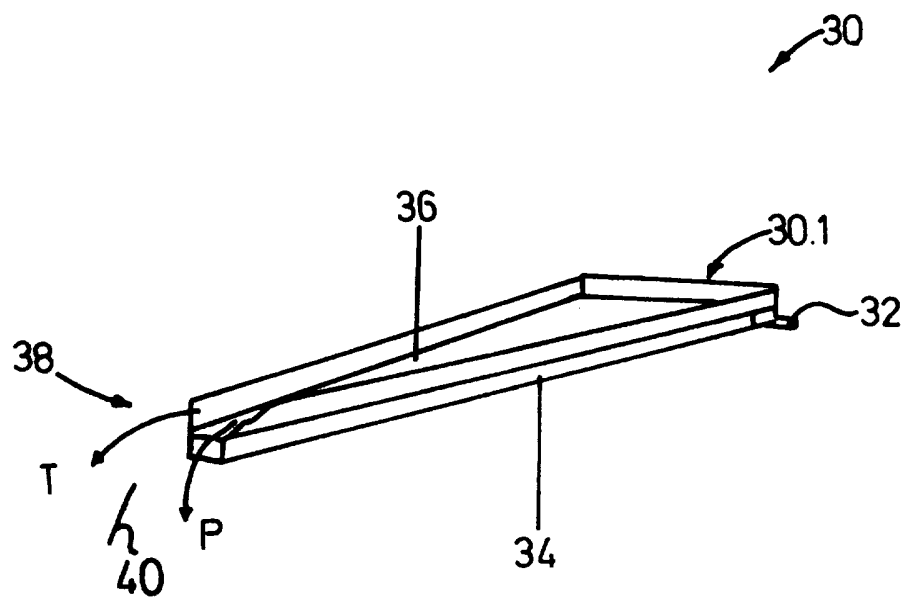
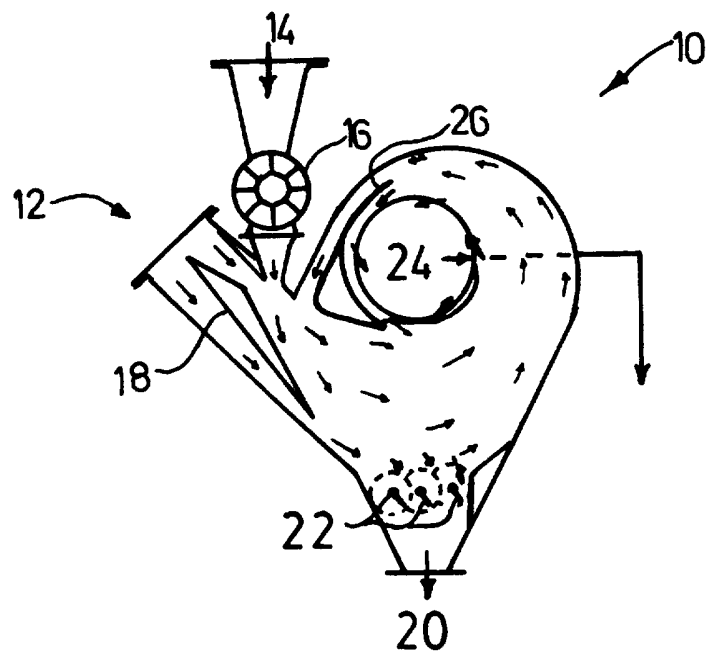


KUVA 5

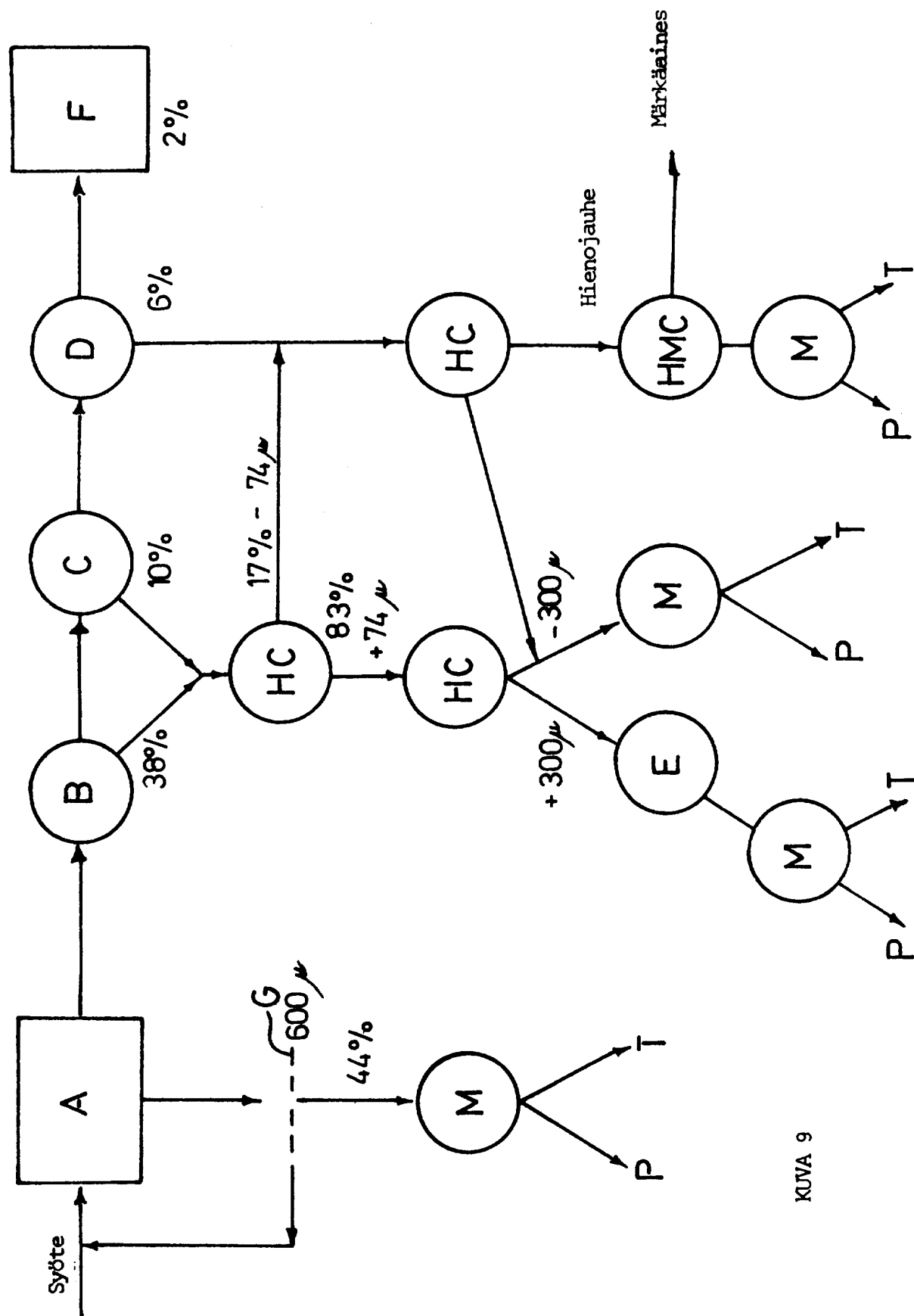




KUVA 7



KUVA 8



KUVA 9