



(12) PATENT

(11) 346710

(13) B1

NORGE

(19) NO

(51) Int Cl.

B03C 1/247 (2006.01)

B03C 1/30 (2006.01)

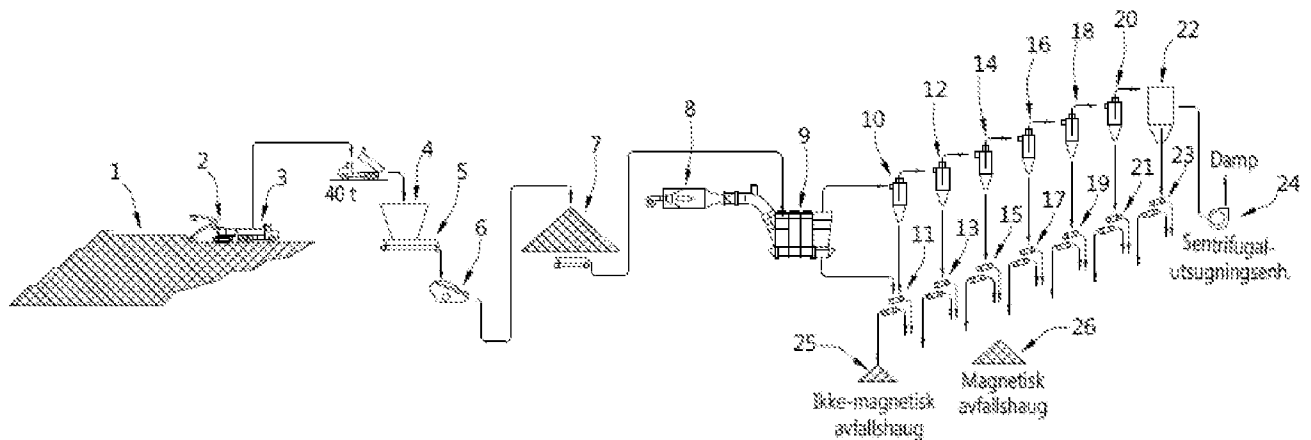
B03C 1/10 (2006.01)

B03B 9/00 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20141146	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2013.03.13 PCT/BR2013/000075
(22)	Inng.dag	2014.09.22	(85)	Videreføringssdag	2014.09.22
(24)	Løpedag	2013.03.13	(30)	Prioritet	2012.03.19, BR, 102012008340
(41)	Alm.tilgj	2014.10.15			
(45)	Meddelt	2022.11.28			
(73)	Innehaver	Vale S.A., Praia de Botafogo, n° 186: salas 701, 1101, 1601, 1701, 1801, 1901 Bairro Botafogo, 22250-145 RIO DE JANEIRO - RJ, Brasil			
(72)	Oppfinner	Mauro Fumyo Yamamoto, Rua Aristarco Ramos, 118, apto 101 Ilha do Governador, 21920-320 RIO DE JANEIRO RJ, Brasil			
(74)	Fullmektig	BRYN AARFLOT AS, Stortingsgata 8, 0161 OSLO, Norge			
(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte og system for tørrutvinning av fine og superfine partikler av jernmalm og en magnetisk separasjonsenhet			
(56)	Anførte publikasjoner	US 3754713 A, US 5394991 A, WO 2005105316 A1, US 2004217040 A1			
(57)	Sammendrag				

Foreliggende oppfinnelse vedrører et system og en fremgangsmåte for fullstendig tørr behandling av jernmalavfall fra tidligere utvinningsoperasjoner, egnet for behandling både av jernavfall deponert i oppdemninger og avfall lagret i hauger. Foreliggende oppfinnelse løser problemene med magnetseparasjonsprosesser som anvender våt- og avfallsavvanningsmetoden, og fjerner risikoene som kasting av fastformig avfall i oppdemninger innebærer med et system og en fremgangsmåte hvor malmens fuktighetsgrad reduseres ved hjelp av en mekanisk agitortørker (med bruk av naturgass for å hindre kontaminering), hvilken malm så sorteres til ulike fraksjoner og til slutt separeres magnetisk, med det viktige særtrekk at den er en helt tørr prosess.



Foreliggende oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte og et system for tørrutvinning av finkornede og superfinkornede partikler av oksidert jernmalm fra bassenger av avfall (også kjent som slagg) fra jerngruvedrift. Oppfinnelsen vedrører videre en magnetisk separasjonsenhet for å separere den finkornede oksiderte jernmalmen (normalt i form av hematitt) ved anvendelse av en tørr prosess.

I denne henseende tar foreliggende oppfinnelse sikte på å forbedre utvinningen av jernmalm fortsatt inneholdt i nevnte avfall, og med det muliggjøre høy metallurgisk utvinning og masseutvinning. Det er således mulig å oppnå et kommersielt overlegent produkt, mer presist et oksidert jernmalmkonsentrat med et Fe-innhold høyere enn 63%. Dette resultatet representerer et betydelig fremskritt sett fra et miljøperspektiv, dersom en tar i betraktning risikoen historisk representert av avfall fra bergverksindustrien i Brasil og i resten av verden.

De nyskapende trekkene ved tørrprosessen ifølge foreliggende oppfinnelse møter tjenlig de økonomiske, miljømessige og strategiske kravene til bergverksindustrien, og muliggjør forbedret utvinning av malmavfallet som utgjør en risiko med stor miljøpåvirkning og omgjør det til kommersielle produkter på en teknisk og økonomisk gjennomførbar måte. I denne tørrprosessen anvendes ikke vann, og de endelige restene vil være en stabel av avfall, uten behov for ytterligere avfallsoppdemming (waste barrage).

Beskrivelse av kjent teknikk

Når en begynte med bergverksaktiviteter på industriell skala, var lite kjent om teknikker for avfallsdeponering. Den lave interessen for dette aspektet var på grunn av det faktum at mengden av produsert avfall fortsatt var overkommelig og at miljøproblemene ennå ikke var del av driftsutfordringene i bransjen.

På denne tiden ble avfallet vanligvis kastet vilkårlig ut i elver. Med veksten av bergverksbransjen, det økende samfunnsengasjementet om miljøspørsmål samt forekomsten av en del ulykker med avfallsoppdemminger siden syttitallet i forskjellige deler av verden, inkludert Brasil, ble imidlertid utfordringen med å garantere driften av de industrielle enhetene pålagt bergverksselskapene med

henblikk på å minimere miljøpåvirkningen og redusere risikoen for ulykker, gjennom sikrere og mer optimaliserte prosjekter.

I hovedsak anvendes tre teknikker for deponering av avfall fra bergverksdrift, nemlig:

- 5 • på våt måte i oppdemminger,
- på tørr måte i avfallsstabler, eller
- ved å anvende "paste fill"-teknologien.

Forskjellen mellom våt deponering og tørr deponering er at med den våte måten med oppdemming, også væske er inneholdt sammen med det faste 10 materialet som kastes. Separasjon med sterke magneter blir tradisjonelt anvendt for kontinuerlige flyter av materiale, så som WHIMS (Wet High Intensity Magnetic Separation).

Når det gjelder "paste fill"-deponering er dette et alternativ til tradisjonell praksis, som har fordeler som høyere utvinning og resirkulering av vann, større 15 naturlige friksjonsvinkler (rest angels) og mindre innvirkning på miljøet. Denne prosessen utføres imidlertid med høye installasjons- og driftskostnader.

For eksempel viser den brasilianske patentsøknaden BR PI 0803327 en magnetisk konsentrasjonsprosess med lavt forbruk av vann og liten produksjon av avfallsslemming. Våt magnetseparasjon og deponering av det magnetiske avfallet 20 kan redusere kastingen av mye av det fastformige avfallet ut i avhellingsoppdemminger. Denne prosessen sørger imidlertid ikke for gjenvinning av avfallet. Det er derfor ingen faktisk reduksjon i miljørisikoen forbundet med aktiviteten.

Et annet dokument, patentsøknaden BR0103652, beskriver en prosess ved 25 utvinning av rester fra jernoksid. Disse restene kan oppnås direkte gjennom utvinning av finstoffer fra metallurgiske reduksjonsprosesser, og fra finstoffer returnert fra bedrifter som leverer jernmalm til jern- og stålselskaper. Materialet blir lastet inn i en matesilo og føres gjennom renner og transportbånd inn i en roterende tørkeovn. Det tørre materialet blir hentet ut for lagring uten å gjennomgå 30 noen som helst sorterings-/konsentreringsprosess, eller blir ført direkte til reduksjonsovnene av et transportbåndsystem.

I trinnet med tørking/disaggregering av avfallet for påfølgende separasjon, anvender kjent teknikk tradisjonelt en roterende trommeltørker. Med denne teknikken resulterer tilstedeværelsen av finstoffer i tørkeren i dannelse av en betydelig mengde (30 til 50%) pellets inne i tørkeren (noe som åpenbart strider imot formålet med utvinning av finstoffer), noe som fører til lav effektivitetsgrad for utstyret for grove partikler og enda større ineffektivitet for fine partikler.

Fluidsjikttørkere anbefales for grove partikler som muliggjør dannelse av fluidsjikt, men det er umulig å danne et fluidsjikt for fine partikler.

Forstøvingstørking, som er mye brukt i dag i keramisk industri ved fremstilling av masse for tilvirkning av porselengulv. For å tørke i forstøvingstørkeren er det imidlertid nødvendig å danne en bløt masse med 50% faste stoffer for å bistå sprøyting av partikler som skal injiseres mot en strøm av varm luft. Tilførsel av 500 tonn/t råmateriale krever mer enn 300 m³ vann, noe som gjør driftskostnadene uoverkommelige.

Når det gjelder den magnetiske separasjonsprosessen som vanligvis anvendes i kjent teknikk, anvendes normalt magnetrulleutstyr, eller en trommel med sterke permanentmagneter, hvis effektivitet er tilfredsstillende for å separere materialer med dimensjoner større enn 100 µm.

For materialer med mindre dimensjoner enn denne (100 µm) har separatorer med sterke magnetruller, som den har vært anvendt, vist seg ineffektiv. Denne ineffektiviteten er en følge av det faktum at, når partiklene drives ut fra transportbåndet, partikkelseparasjonen skjer i henhold til forholdet mellom magnet- og sentrifugalkreftene som partiklene blir gjenstand for.

For partikler med dimensjoner mindre enn 100 µm er i de fleste tilfeller magnetkraften større enn sentrifugalkraften, noe som også fører til at ikke-magnetiske partikler ledes til sonen tiltenkt for å motta magnetiske partikler.

I lys av den gjennomsnittlige kornfordelingen til materialet i middels avfallsbassenger med en d₅₀ på 27 mikroner, dvs. at 50% av det passerende materialet er 27 mikroner, og en d₈₀ på 51 mikroner, dvs. at 80% av det passerende materialet er 51 mikroner, er det mulig å betrakte et ekstremt fint materiale, som er vanskelig å tørke med tradisjonelle metoder.

Patentskriftet US 3,754,713, publisert 28. august 2013, er rettet mot separasjon av metallisk jern oppnådd fra reduksjon av ilmenitt med karbon, med en roterende magnettrommel som ikke har den nødvendige magnetstyrken til å separere fine og superfine stoffer som tilsiktes av foreliggende oppfinnelse.

5 Patentskriftet US 4,317,717, publisert 2. mars 1982, viser et utstyr for resirkulering av urbant avfall, resirkulering av resirkulerbare materialer så som aluminumsbokser, hvor magnetene som anvendes der er ferrittmagneter (jern-bor) hvorved den maksimale styrken på 1500 Gauss ikke er tilstrekkelig til å separere de oksiderte jernmineralene, så som hematitt (Fe_2O_3).

10 Et ytterligere patentskrift, US 3,021,951, henviser til en magnetisk separator med indre trommel og flere magnetanordninger vekslende mellom nord og syd, som i bunnen av trommelen samler opp de magnetiske mineralene med høy magnetisk susceptibilitet, så som metallisk jern ved resirkulering av industrielt avfall og husholdningsavfall, dannet av ferrittmagneter (jern-bor), med en
15 maksimal styrke på 1750 Gauss, således med et magnetfelt som også er utilstrekkelig til separere de oksiderte jernmineralene, så som hematitt.

US 4,016,071 viser en magnettrommel, utviklet for separasjon av metallisk jern i metallisk avfall, tilsvarende US 4,317,717, oppbygget med ferrittmagneter (jern-bor) og som, likeledes, heller ikke muliggjør tiltrekning av jernmineraler med
20 lav magnetisk susceptibilitet, som er tilfelle for oksidert jernmalm generelt og med partikkelstørrelser mindre enn 150 mikroner.

Endelig omhandler patentskriftet US 5,394,991 et apparat for generering av virvelstrøm, hvor magnetrotoren roterer med høyt turtall (+/- 3500 rpm) og genererer virvelstrøm. Dette apparatet var utformet for resirkulering av ikke-
25 magnetiske, ledende metaller og magnetiske metaller, hvor ikke-magnetiske, ledende metaller inkluderer aluminumsbokser, messing, rustfritt stål og kobber, og ikke-ledende og magnetiske metaller består av metallisk jern med høy magnetisk susceptibilitet. Dens tilvirkningskostnad er ekstremt høy, noe som hindrer bruk av den i jerngruveindustrien, og magnetene som danner magnetrotoren er massive
30 stenger av ferrittmagnet og har derfor en lav styrke som mangler tilstrekkelig kraft til å tiltrekke de oksiderte jernmineralene (hematitt), og som har lav magnetisk susceptibilitet.

Formål og fordeler med oppfinnelsen

På bakgrunn av situasjonen forklart over har foreliggende oppfinnelse til formål å tilveiebringe et system og en fremgangsmåte for tørrutvinning av fine og superfine partikler av oksidert jernmalm, som er meget effektive og ikke er beheftet med de miljømessige ulempene til fremgangsmåter og systemer som anvendes i dag, og som videre har installasjons- og driftskostnader som er fullt overkommelige for bransjen.

På samme måte har foreliggende oppfinnelse også til formål å tilveiebringe en magnetisk separasjonsenhet som er effektiv for materialer som tradisjonelt kan behandles av tradisjonelt anvendte magnetrulleseparatorer.

Disse formålene oppnås på en uomstøtelig effektiv måte, som reduserer den potensielle risikoen for miljøet ved installasjon av systemet, fremmer fornuftig bruk av naturressursene, utvinner avfallet som kan representere en miljørisiko ved ulykker i oppdemminger og i stabler, og har en gunstig vekselvirkning med omgivelsene.

Med hensyn til økende miljømessige krav utgjør foreliggende oppfinnelse et definitivt svar på utfordringen med å produsere økonomiske resultater på en miljømessig bærekraftig måte, kjennetegnet hovedsakelig ved:

- høyere masseutvinning og metallurgisk utvinning av jern;
- utvinning av finpartikler fra jernmalm i fraksjoner < 100 mesh (omtrent 150 mikroner) uten tap ved transport eller forhaling (hauling);
- ren forbrenning, uten rester;
- fravær av rester til atmosfæren;
- mer effektiv separasjon av jern med generering av renere avfall med lavere jerninnhold;
- logistisk optimalisering med lokal behandling;
- vern av elver og akvifere formasjoner;
- minimering av risikoen for ulykker med oppdemminger;
- reduksjon av den fysiske plassen for installasjon;
- lavt energiforbruk;
- modularitet og fleksibilitet av systemet;

- forlengelse av bergverkenes levetid.

Som nevnt tidligere ligger særegenheten til løsningen ifølge foreliggende oppfinnelse i bruk av et helt tørt mineralbehandlingsspor, som krever innlemmelse av en tørkeenhet før mating av de fineste fraksjonene til en magnetseparator.

Sporet, som utgjør den viktigste aspektet ved foreliggende oppfinnelse, kan oppsummeres som følger: fuktighetsgraden til malmen reduseres ved hjelp av en mekanisk agitortørker (ved anvendelse av naturgass for å hindre kontaminering eller brenning av biomasse), hvilken malm så blir sortert til forskjellige fraksjoner og til slutt separert magnetisk, med det viktige særtrekk at det er en helt tørr prosess.

Kort beskrivelse av tegningene

Figur 1 viser et skjematisk diagram:

Figur 2 viser et flytdiagram av fremgangsmåten;

Figur 3 viser en hurtigtørker med mekanisk omrøring/et mekanisk agitatorsystem som anvendes i fremgangsmåten og i systemet ifølge foreliggende oppfinnelse;

Figur 4 viser en anordning av settet av sykloner;

Figur 5 viser et diagram av fordelingen av kreftene som påvirker magnetrullen i en magnetisk separasjonsenhet;

Figur 6 viser et diagram av magnetfeltlinjene som eksisterer rundt en permanentmagnet anvendt på magnetrullen i en magnetisk separasjonsenhet;

Figur 7 er et illustrerende diagram av forholdet mellom feltlinjene med tykkelsen til magnetene og til mellomrommet;

Figur 8 er et skjema av den magnetiske separasjonsenheten ifølge foreliggende oppfinnelse.

Detaljert beskrivelse av oppfinnelsen

Før oppfinnelsen beskrives skal det bemerkes at størrelsene og verdiene som angis her kun er ment som eksempler, slik at de ikke skal forstås som en begrensning av rammen til foreliggende oppfinnelse. Fagmannen, på bakgrunn av

idéene som fremlegges her, vil vite hvordan han skal bestemme størrelsene/verdiene passende for et spesifikt tilfelle, for å oppnå formålene med foreliggende oppfinnelse.

I figur 1 representerer henvisningstallene 1 til 7 representerer trinn og komponenter akkurat som de tradisjonelt anvendes i kjent teknikk, og innlemmer således ikke nyvinningene som tilveiebringes av foreliggende oppfinnelse.

Med henvisning til figuren er det et volum av materiale som skal behandles 1, som er hentet ut av en gravemaskin 2 og plassert i et tippvognplan 3. Tippvognen 3 mater en silo eller beholder 4, og materialet føres så av en rystetransportør 5 til en sikt 6 ment for å utføre en foreløpig separasjon.

Sikten 6 kan bestå av en rystesikt for fjerning av kontaminerende materiale. På denne måten blir materialet ført til en bufferhaug (lung stack) 7.

Kapasiteten til nevnte bufferhaug 7 kan være opptil 2000 tonn materiale, for eksempel.

I tillegg kan en tåkegardin i tilknytning til beholderen være innlemmet, for å hindre at støv faller ned på den utvendige delen av beholderen. I denne henseende kan transportbåndet være helt innkapslet, slik at en hindrer mulig tap av materiale og således utslipp av støv til atmosfæren.

Nedenfor bufferhaugen 7 kan det være en kanal omfattende en rystetransportør (ikke vist), som sørger for overføring av malmen til transportbåndet.

Fra transportbåndet for bufferhaugen 7 blir materialet så ført til den første av de tre såkalte enhetsoperasjonene som utgjør foreliggende oppfinnelse. Den første enhetsoperasjonen er operasjonen med tørking/disaggregering av partikler.

For å løse det ovennevnte problemet ved tørking/disaggregering av fine partikler, og for oppnå partikler som er 100% atskilte for å få maksimal effektivitet i den magnetiske separasjonsprosessen, foreslås bruk av en hurtigtørker 9 med mekanisk omrøring/et mekanisk agitatorsystem, som vist i figur 3.

Tørkeren 9 er bestående av et oppvarmingskammer 87, som genererer varm luft (maksimal temperatur rundt 1100°C) som tilføres inn i hovedlegemet, inne i hvilket to aksler 9.1 med propellere 9.2 er anordnet, som bevirker bevegelse av partikkelmaterialet både vertikalt og horisontalt. Disse gassene går gjennom et

labyrintsystem 9.5, som tvinger den oppvarmede luften til å gå i kontakt med materialet. Bevegelsen av partikler vertikalt, i tillegg til å fremme kontakt av partikler med varm luft for å øke tørkeprosessens effektivitet, letter også fjerning av finstoffer av finstoff-oppsamlingssystemet hjulpet av undertrykket som påføres av utsugingsenheten. Det er også et trinn med effektiv disaggregering av den såkalte "finavfallsoppdemmingen". På denne måten blir partikler beveget horisontalt, slik at det tørre materialet beveger seg langs hovedlegemet frem til utførselspunktet.

Tørkeren kan være dimensjonert for en kapasitet på, for eksempel, 200 tonn/t, basert på trekkene til materialet som skal tørkes; tørkeren kan for eksempel ha funksjonalitet for tørking, disaggregering og, samtidig, fjerning av finstoffene, hvor materialet for mating til tørkeren som er mindre enn 100 mesh (omtrent 150 mikroner) kan være opptil omtrent 98%, basert på totalen.

De viktigste trekkene til tørkeren anvendt i de utførte testene er listet nedenfor:

- to hurtigtørkere, hver utstyrt med to 150 hk motorer; sammenstillingen har to doble pendelsluseventiler med reduksjonsmotor, som hver som har en effekt på $7,5 \text{ HK} \times 2 = 15 \text{ HK}$, der den ene er tiltenkt for å mate produktet til tørkeren og den andre for å drive ut fraksjonen > 100 mesh av det tørkede produktet. Disse ventilene hindrer både innkomst av luft i systemet og utstrømning av varm gass, og opprettholder således ytelsen ved temperaturen til de varme gassene, dvs. at den termiske balansen er utmerket;
- to varmgassgeneratorer med kanaler som kobler generatoren til tørkeren, belagt med ildfast materiale. Det er inntaksventiler for kald luft for å opprettholde balansen av temperaturene målt i termopar. Disse temperaturene kan angis og styres fra panelet;
- en kanal for tilkobling av syklonene til hylsefiltrene 22, pluss snekkegjenge for å slippe ut produktene, utsugingsenhet og pipe;
- et elektrisk panel for systemet, pluss automasjons- og måle- og styreinstrumenter.

Tørkeren har videre et komplett støvaspirasjonssystem, hvor støvet blir samlet opp ved forskjellige sentrifugeringstrinn, og hindrer således at partikkelmaterialet kommer seg ut i omgivelsene. Som allerede nevnt anvendes naturgass for å produsere varme, noe som, sammen med passende styring av luftstrømningen, i et korrekt forhold mellom luft og brennstoff, sørger for ren og fullstendig forbrenning, idet gassene føres ut etter å ha gått gjennom pressfiltre.

Proessen med å fjerne gassene inneholdende vanndamp og finstoffer utføres av en utsugingsenhet med høy kapasitet anordnet i enden av kretsen. Tilknyttet utsugingsystemkretsen er det en komponent som integrerer den såkalte andre enhetsoperasjonen i fremgangsmåten ifølge foreliggende oppfinnelse, som består i luftsortering av nevnte 89% matede finstoffer. Denne komponenten består av minst ett sett av sykloner 10, 12, 14, 16, 18 og 20 koblet i serie, som vist i figur 4.

Syklonene samler opp finstoffene med forskjellige kornstørrelser. Disse syklonene vil besørge en selektiv og avtagende gjenholding avhengig av kornstørrelsen til det tilførte materialet. Den første syklonen kan således være utformet, for eksempel, for å fange grovere partikler, så som 44 µm, og i den andre og i den tredje vil kornstørrelsen til det gjenholdte materialet være omtrent 37 µm, og gradvis ved hver syklon, frem til den siste syklonen med gjenholding av finere partikkelstørrelser på opptil 10 µm, finner luftsorteringens sted i syklonene som funksjon av tapet av hastighet ved hver syklon.

Kornfordelingen oppnådd med det aktuelle eksempeloppsettet er vist i tabell 1 nedenfor.

Tabell 1 – Kornfordeling – Utsugingsystem – Sykloner

Kornfordeling – Utsugingsystem – Sykloner	vekt%	tonn/t
1. syklon (fraksjon -100 og + 325 mesh)	15,26	76,30
2. syklon (fraksjon -325 og + 400 mesh)	11,05	55,25
3. syklon (fraksjon -325 og +400 mesh)	11,05	55,25
4. syklon (fraksjon -400 og +500 mesh)	15,24	76,20
5. syklon (fraksjon -500 og +600 mesh)	12,73	63,65

6. sykklon (fraksjon -600 og +10 mikroner)	16,26	81,28
7. hylsefiltre (fraksjon -10 mikroner)	16,26	81,30
Totalt	97,85	489,23

Til slutt, når det gjelder de superfine partiklene, under 10 μm , blir de suget inn og fjernet i et sett av hylsefiltre 22. Produktene oppsamlet ved de forskjellige sykklonene er tiltenkt for magnetseparasjon, for å utvinne et magnetisk produkt med høyt jerninnhold i pelletssorteringen (fraksjon -100 mesh, eller fra 0,15 mm til null mm).

Den grovere fraksjonen mindre enn 2 mm og større enn 0,15 mm slippes ut ved utførselen fra tørkeren. For å hindre varmetap blir utførselen så styrt av to totrinns ventiler, idet det tørkede materialet blir samlet opp og transportert av et transportbånd til den magnetiske separatoren.

Når det gjelder separasjonstrinnet, mer spesifikt den magnetiske separasjonen, består det av den tredje enhetsoperasjonen i fremgangsmåten ifølge foreliggende oppfinnelse.

Den installerte kapasiteten til den magnetiske separasjonsenheten er på opptil 15 tonn/t for hver tørkeenhet (uten å være begrenset til denne verdien), omfattende magnetrulleseparator. I dette trinnet mottar hver fraksjon en differensiert behandling, som eksemplifisert nedenfor:

- de grovere fraksjonene (fraksjoner mindre enn 40 mm og større enn 6,35 mm og i fraksjonen mindre enn 6,35 mm og høyere enn 2 mm) blir separert av den første og andre sterke magnetiske separatorene med en rullediameter på 230 mm, utstyr med en magnetstyrke tilstrekkelig til å holde igjen partikler på opptil 40 mm på overflaten av magnetrullen;
- de mellomstore fraksjonene, mindre enn 2 mm og større enn 0,15 mm, vil bli separert av den tredje magnetiske trommelseparatoren med middels styrke (6500 gauss);
- til slutt gjennomgår den fineste fraksjonen, mindre enn 0,15 mm (omtrent 150 mikroner), magnetisk tørrseparasjon betraktet som en stor driftsmessig utfordring, som følge av trekkingen av ikke-magnetiske finstoffer til den

magnetiske fraksjonen, forårsaket av magnetfeltlinjene. Feltlinjene, når de beveges med høy hastighet, genererer strømmer (virvelstrøm).

Denne metoden anvendes ved separasjon av ledende metaller, for eksempel ved resirkulering av aluminiumsbokser, og representerer en usynlig og drivende kraft for de fineste partiklene.

Foreliggende oppfinnelse tilveiebringer derfor videre utstyr med sterke magnetseparasjonsruller, utelukkende for å separere fine jernoksidpartikler med kornstørrelser fra 0,15 mm ned til null. Gjennom denne magnetseparasjonen er det mulig å oppnå et produkt med et høyt innhold av Fe (T). For eksempel, i testen med en malmprøve, var det utvunnede jerninnholdet 68,72%. Hvert av produktene samles opp i differensierte kar for bedre utnyttelse og blanding med de oppnådde produktene.

Når det gjelder virkemåten til nevnte magnetseparasjon består denne operasjonen av en prosess der to eller flere materialer med forskjellig magnetiske susceptibilit blir separert fra hverandre. Hoveddrivkraften er magnetkraft (F_m/M_f). I tillegg til denne kraften virker også andre krefter på partiklene, så som sentrifugalkraften (F_c/C_f) og tyngdekraften, som vist i figur 5.

En partikkel betraktes således som MAGNETISK når $F_m > F_c + F_g$ og betraktes som IKKE-MAGNETISK når $F_m < F_c + F_g$. For grovere partikler, større enn 15 μm , med samme hastighet, er sentrifugalkraften større enn med hensyn til en partikkel på 40 μm .

I dette tilfellet anses magnetseparasjon av fine partikler vanligvis som veldig vanskelig eller til og med umulig. Finkornede partikler fremviser lav sentrifugalkraft, som det fremgår av formelen nedenfor:

$$F_c = m \cdot v^2 / r$$

hvor:

F_c = sentrifugalkraft

m = masse

v = hastighet

r = radius.

Som fagmannen vil vite vil fine partikler, i tillegg til å fremvise mindre sentrifugalkraft, videre påvirkes av magnetfeltet, slik jo mindre diameter de har, jo større er denne påvirkningen. Når dette magnetfeltet blir gjenstand for rotasjon, genereres et ledende felt, kjent som en virvelstrøm, som har en tendens til å trekke de finere partiklene til den magnetiske fraksjonen. Magnetfeltlinjene dannet av en permanentmagnet er vist i figur 6.

Magnetruellene som anvendes i foreliggende oppfinnelse dannes ved å sammenstille magneter som har samme polaritet (nord) med et mellomrom, og således skape magnetfeltlinjer som endrer seg gjennom magnetrullen. Forholdet mellom magnettykkelsen og mellomromtykkelsen bestemmer magnetfeltets dybde, kjent som gradient, som vist i figur 7.

På bakgrunn av det faktum at fine partikler fremviser lav sentrifugalkraft og trekkingen av den ikke-magnetiske fraksjonen til den magnetiske fraksjonen forårsaket av magnetfeltlinjene, foreslår foreliggende oppfinnelse derfor en løsning for separasjon av finstoff som har til formål å overvinne begrensningene angitt over. Løsningen omfatter å skråstille magnetrullen, som vist i figur 8, for å øke partikkelhastigheten, redusere magnetfeltets kontaktareal og, som følge av dette, bidra til å øke resultanten av sentrifugalkraften og tyngdekraften.

I tillegg, for å øke partikkelhastigheten for å overvinne trekkingen av den ikke-magnetiske fraksjonen, var det nødvendig å øke magnetfeltdybden, til et forhold på 3 : 1 (magnettykkelse : mellomromtykkelse).

I denne henseende kan skråstillingsvinkelen gjennomgå en variasjon avhengig av kornenes finhet, slik at skråstillingsvinkelen kan være større for finere partikler. Variasjonen i denne vinkelen vil enkelt bestemmes av fagmannen, så lenge han er klar over de hittil ukjente idéene som vises i dette patentet.

De permanentmagnetbaserte magnetiske separatorene fremviser følgende trekk, som gir magnetseparasjonsprosessen selektivitet:

- lav gradient;
- høy magnetstyrke, maksimalt opptil 13000 gauss, men magnetstyrken kan være høyere eller lavere avhengig av oppsettet, magnettykkelsen og mellomromtykkelsen;

- forhold mellom magnet med større tykkelse kontra mellomrom med mindre tykkelse gir høyere magnetstyrke;
- permanentmagneter av sjeldne jordarter som i sin sammensetning har 52% neodym, i tillegg til jern og bor. Det magnetiske metningsnivået er direkte proporsjonalt med mengden neodym.

Andre trekk ved dette utstyret er listet nedenfor:

- magnetrullen er av permanenttypen med høy styrke, høy gradient, oppbygget med superpotent neodym, bestandig mot temperaturer på opptil 80 °C og stålskiver med høy magnetisk permeabilitet;
- aktivering av magnetrullen bevirkes ved hjelp av en komplett 2,0 HK vekselstrømmotor med variabel hastighet og trefase frekvensinverter for 220 VCA (VAC) 60 Hz, (den kan kjøres på 220 / 380 / 440 VCA (VAC))
- systemet for å stramme opp og linjeføre båndet kan løse problemet knyttet til den korte avstanden mellom ruller med liten diameter på tynne bånd. Det er mulig å skifte båndet på noen få minutter, uten behov for spesialverktøy. De tre styringssystemene som anvendes lar en stramme opp og linjeføre båndet, og således forlenge dets levetid;
- separasjonsbånd av typen polyesterstoff belagt med et sjikt av PU (polyuretan), med en tykkelse på 0,6 – 1,00 mm;
- matesystem av rulletypen med en 2,0 HK, 220 VAC, trefase drivmotor med frekvensinverter, for å regulere matehastigheten. Det innbefatter lagringssilo; denne typen mater muliggjør en mer kontrollert og uniform mating, spesielt for partikler som har forskjellige densiteter eller formater, og er ikke følsom for variasjoner i nivået av materiale i siloen. Dette er den viktigste tekniske fordelene fremfor rystematere;
- støttestruktur oppbygget med karbonstålprofiler, med respektive malingsstrøk, som gjør sammenstillingen til en kompakt og enkelt installerbar enhet. Fullstendig støvskjermet styrepanel, med måleinstrumenter, hastighetsregulatorer, frekvensinvertere, matespenning: 220 VAC, 60 Hz, trefase.

Alle de ovennevnte tilstander og trekk muliggjør en forbedring i enheten, i henhold til hvilken den magnetiske separatoren med permanentmagnetrolle er anordnet med en bestemt vinkling i forhold til horisontalen, for å tilveiebringe en ytterligere kraft som adderer seg til sentrifugalkraften og således er i stand til å holde igjen ikke-magnetiske materialer på en tilfredsstillende måte.

En slik løsning kan sees på de magnetiske separatorene illustrert i figur 1 med henvisningstall 11, 13, 15, 17 og 21.

Den nevnte lave gradienten er et resultat av den magnetiske dybden fremkommet fra anordningen av magnetene og mellomrommene.

Eksempel 1

Analyse av avfallsprøve

For å gjøre en fysisk-kjemisk karakterisering av en kjent avfallshaug og for å demonstrere effektiviteten til teknologien i anlegget ifølge foreliggende oppfinnelse i dens tørrbehandling, og med høyest mulig utvinning av jernoksid inneholdt i denne, har det blitt innhentet prøver av nevnte haug for analyse i et spesiallaboratorium, ved anvendelse av en krets anordnet i laboratoriet, som simulerer samme driftsspor som anvendes av anlegget ifølge oppfinnelsen.

Malmprøven fra avfallshaugen hadde en ekstremt enkel mineralogi, bestående hovedsakelig av jerninneholdende mineraler og av en ikke-magnetisk fraksjon, hvor de jerninneholdende materialene er: magnetitt, martitt, hematitt, og av jernoksider og -hydroksider, som vil bli vist nedenfor. Den ikke-magnetiske fraksjonen er bestående hovedsakelig av silika. Prosentandelene av disse mineralene er listet i tabell 2 nedenfor.

Tabell 2

Mineraler	Kjemisk formel	Vekt%
Magnetitt	$\text{Fe}_2+\text{Fe}_{23+04}$ eller Fe_3O_4	18
Martitt	$\text{Fe}_3\text{O}_4 \Rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$	15
Hematitt	Fe_2O_3	47
Silika	SiO_2	15
Jernoksid og -hydroksid	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	5

I den første testen ble en metallurgisk utvinning på 70,17% av det totale jernet oppnådd, noe som er nokså høyt for bransjen, resultatet av hvilken kan sees i tabell 3 nedenfor:

5 **Tabell 3 – Første test av avfallsprøve**

Kjemisk analyse	
Toppinnhold	Fe(T) = 42,09%

Granulometri					
Fraksjon	Vekt	Vekt%	% Fe	Fe-tall	Ford. Fe%
➤ 5mm	180,0	4,85	44,52	2,16	5,06
➤ 3mm	120,0	3,23	55,25	1,79	4,19
➤ 1mm	220,02	5,93	59,77	3,54	8,30
➤ 325#	2.170,0	58,59	37,14	21,72	50,50
➤ 325#	1.020,0	27,49	48,98	13,47	31,55
TOTALT	3.710,0	100,00		42,68	100,00

Magnetseparasjon – Separator med sterk magnetrulle					
Fraksjon -1mm og +325 mesh					
Produkt	Vekt	Vekt%	% fe	Fe-tall	Ford.fe%
MAGNETISK	986,05	26,88	66,60	17,90	41,94
BLANDET	32,44	0,88	50,24	0,44	1,04
IKKE-MAGNETISK	1127,31	30,73	10,99	3,38	7,91
TOTALT	2145,80	56,49		21,72	50,89
Fraksjonen -1mm og +325 mesh inneholder 21.72% jern; en utvinning av 41,94% i forhold til prøven ble oppnådd;					

Magnetseparasjon – Separator med sterk magnetrulle					
Fraksjon -325 mesh					
Intensitet	Vekt	Vekt%	% fe	Fe-tall	Ford. Fe%
1000 gauss	10,06	0,27	67,26	0,18	0,43

2000 gauss	28,42	0,77	68,09	0,52	1,22
4000 gauss	82,55	2,22	68,38	1,52	3,56
8000 gauss	331,10	8,92	68,40	6,10	14,30
16000 gauss	206,73	5,57	66,76	3,72	8,71
ikke-magnetisk	361,14	9,73	14,56	1,42	3,32
totalt	1.020,00	27,49		13,47	31,55
Fraksjonen -325 mesh inneholder 31,55 % jern; en utvinning på 28,23% ble oppnådd i denne fraksjonen.					
UTVINNING % (fraksjon -1 mm +325 og -325 mesh) 70,17					
Fraksjonen +1mm videre inneholdende 17,55% av jernet inneholdt, som kan utvinnes i en magnetisk separator med høy styrke og differensiert gradient, gjenstår fortsatt å behandle.					

Den maksimale utvinningen kan komme opp i $70,17\% + 17,55\% = 87,72\%$.

For å demonstrere fremgangsmåtens effektivitet ble en ny prøve med større volum innhentet og behandlet.

5 Etter behandlingen ble følgende resultater oppnådd:

- Fraksjonen større enn 6,35 mm oppnådde en utvinning på 19,86 vekt%, med et Fe(T)-innhold på 63,75%, som svarer til en metallurgisk utvinning på 26,33% av jernet inneholdt;
- 10 • Fraksjonen mindre enn 6,35 mm og større enn 2 mm oppnådde en utvinning på 11,85 vekt%, med et Fe(T)-innhold på 62,63%, som svarer til en utvinning på 15,44% av jernet inneholdt;
- Fraksjonen mindre enn 2 mm og større enn 100 mesh med utvinning på 14,87 vekt% og et Fe(T)-innhold på 62,03%, som svarer til en metallurgisk utvinning på 19,18% av inneholdt jern;
- 15 • Fraksjonen mindre enn 100 mesh med utvinning på 13,86 masse% og et midlere Fe(T)-innhold på 6,72%, som svarer til en metallurgisk utvinning på 19,80% av jernet inneholdt.

I den andre testen, utført i henhold til det angitte flytdiagrammet, og med et spor som simulerer oppfinnelsen, ble det således oppnådd en utvinning på 60,45 vekt% med et gjennomsnittlig Fe(T)-innhold på 64,23% og en metallurgisk utvinning på 80,75% av jernet inneholdt, enda høyere enn det oppnådd i den første testen.

Resultatene av testene utviklet i laboratoriet demonstrerer yteevnen til det teknologiske sporet med tørr magnetisk utvinning ifølge foreliggende oppfinnelse, i behandlingen av "skrapet" fra nevnte avfallshaug. Resultatene av den andre testen er vist i tabellene 4 (kjemisk kornanalyse) og 5 (utvinningstabell) nedenfor.

Tabell 4 – Andre test av avfallsprøve

Enhet		3,20%			
Kjemisk analyse					
Toppinnhold		Fe(T) = 48,08%			
GRANULOMETRI					
Fraksjon	Vekt	Vekt%	Fe%	Fe-tall	Ford. Fe%
+1/4"	7.700,0	26,75	60,42	16,16	33,60
-1/4" og+2mm	3.700,0	12,85	59,73	7,68	1596
-2mm og +100 mesh	5.230,0	18,17	53,16	9,66	20,08
-100 mesh	12.160,0	42,24	34,57	14,60	30,36
TOTAL	28.790,0	100,00		48,09	100,00
Magnetseparasjon – Separator med sterk magnetrulle					
Fraksjon +1/4"					
Produkt	Vekt	Vekt%	Fe%	Fe-tall	Ford. Fe%
Magnetisk	5.719,80	19,87	63,75	12,67	26,33
Blandet	1.461,30	5,08	59,47	3,02	6,28

Ikke-magnetisk	518,90	1,80	26,43	0,48	0,99
Totalt	7.700,00	26,75		16,16	33,60
Metallurgisk utvinning av Fe(T) i fraksjon -100 mesh av den magnetiske fraksjonen = 16,33%					
Fraksjon -1/4" og +2mm					
Produkt	Vekt	Vekt%	Fe%	Fe-tall	Ford.fe%
Magnetisk	3.413,50	11,85	62,36	7,42	15,44
Blandet	114,60	0,40	40,35	0,16	0,33
Ikke-magnetisk	171,90	0,60	15,11	0,09	0,19
Totalt	3.700,00	12,85		7,68	15,96
Metallurgisk utvinning av Fe(T) i fraksjon -100 mesh av den magnetiske fraksjonen = 15,44%					
Fraksjon -2mm og +100 mesh					
Produkt	Vekt	Vekt%	Fe%	Fe-tall	Ford.fe%
Magnetisk	4.279,60	14,87	62,03	9,22	19,18
Blandet	132,10	0,46	25,22	0,12	0,24
Ikke-magnetisk	818,30	2,84	11,27	,032	0,67
Totalt	5.230,00	18,17		9,66	20,08
Magnetisk utvinning av Fe (T) i fraksjon -2mm og +100 mesh av magnetisk fraksjon = 19,18%					
Magnetseparasjon – Separatorer med sterk magnetrulle					
Fraksjon – 100 mesh					
Produkt	Vekt	Vekt%	Fe%	Fe-tall	Ford. Fe%
Magnetisk	3.990,00	13,86	68,72	9,52	19,80
Blandet	1.090,00	3,79	43,57	1,65	3,43
Ikke-	7.080,00	24,59	13,94	3,43	7,13

magnetisk					
Totalt	12.160,00	42,24		14,60	30,36
Metallurgisk utvinning av Fe(T) av magnetisk fraksjon = 19,80% med jerninnhold = 68,72%					
Metallurgisk utvinning av Fe(T) av magnetisk fraksjon + blandet = 22,23% med Fe-innhold = 63,32%					
			Vekt%	Ford. Fe(T)%	
Total jernutvinning i prøven			60,45%	80,75%	

Tabell 5

Oppsummering – Utvinningstabell					
Produkt	Vekt	Vekt%	Fe%	Fe-tall	Ford. Fe%
Magnetisk +1/4"	5.719,80	19,87	63,75	12,67	26,33
Magnetisk -1/4" og +2mm	3.413,50	11,85	62,63	7,42	15,44
Magnetisk -2mm og +100mesh	4.279,60	14,87	62,03	9,22	19,18
Magnetisk -100 mesh	3.990,00	13,86	68,72	9,52	19,80
Totalt	17.402,90	60,45	64,23	38,83	80,75

I tillegg, under testene som ble utført, ble videre granulometriprofilen til det innsamlede materialet bestemt, som vist i tabell 6 nedenfor.

5

Tabell 6

Granulometri for føden til anlegget

Føde				250
		Vekt	Vekt%	Tonn/fast stoff
	Fraksjon +40mm	6,38	2,93	7
	Fraksjon+ 1/4	42,87	19,72	49

	Fraksjon +2mm	46,71	21,48	54
	Fraksjon +100 mesh	46,23	21,26	53
	Fraksjon +200 mesh	15,45	7,10	18
	Fraksjon +325	35,21	16,19	40
	Fraksjon +400 mesh	23,48	10,80	27
	Fraksjon +500 mesh	1,11	0,51	1
	Fraksjon -500 mesh	32,58	14,99	37
	Totalt	217,41	100,00	250

Selv om foreliggende oppfinnelse har blitt beskrevet med hensyn til sine spesifikke trekk, er det klart at mange andre utførelser og modifikasjoner av oppfinnelsen vil være åpenbare for fagmannen.

- 5 De vedføyde kravene er utarbeidet slik at de skal dekke slike åpenbare utførelser og modifikasjoner som faller innenfor rammen til foreliggende oppfinnelse.

Patentkrav

1. System for tørrutvinning av fine og superfine partikler av oksidert jernmalm (1), karakterisert ved at utvinningen utføres i et fullstendig tørt metallurgisk spor, utstyrt med et tørkemiddel (9) med mekanisk omrøring, minst ett sett av sykkloner (10, 12, 14, 16, 18, 20) for luftsortering av tilført materiale ved ulike granulometriske intervaller; og magnetisk separasjon (11, 13, 15, 17, 21) ved hjelp av en permanent, høyintensitets skjerm lignende jordelementrulleseparator anordnet med en skråstilling for å øke den resulterende kraften mellom sentrifugal- og gravitasjonskreftene som virker på ikke-magnetiske finkornede partikler av oksidert jernmalm hovedsakelig i form av hematitt, for å unngå at de følger den magnetiske fraksjonen og forurensning av det oksiderte jernmalmskonsentratet.
2. System ifølge krav 1, karakterisert ved at det metallurgiske sporet videre omfatter komplementære systemer for materialhåndtering, innledende reduksjon av malm, transport, lagring, siktsortering, hylsefiltre.
3. System ifølge krav 1, karakterisert ved at en tåkegardin er tilveiebrakt et for å hindre at støv faller ned på utsiden av beholderen.
4. System for behandling av oksidert jernmalmsavfall ifølge krav 1, karakterisert ved at et transportbånd er innkapslet på en slik måte at det forhindrer tap av materiale og utslipp av støv til atmosfæren.
5. System for behandling av oksidert jernmalmsavfall ifølge krav 1, karakterisert ved at jernmalmsavfallet er deponert i oppdemninger.
6. System for behandling av oksidert jernmalmsavfall ifølge krav 1, karakterisert ved at jernmalmsavfallet er lagret i hauger.
7. Fremgangsmåte for tørrgjenvinning av fine og superfine partikler av oksidert jernmalm, i et system ifølge hvilket som helst av kravene 1 til 6, karakterisert ved at den omfatter trinnene: (a) tørking og separering av malmen ved mekanisk omrøring; (b) selektiv luftsortering basert på granulometrien til materialet i sykklonseparasjonen;

og (c) magnetisk separasjon ved hjelp av permanente høyintensitets skjerm lignende jordelement-rulleseparatorer anordnet med en skråstilling for å øke resultanten av sentrifugalkraften og gravitasjonskraften som virker på de ikke-magnetiske fine malmene for å unngå at de følger den magnetiske fraksjon og forurensning av jernoksidmalmkonsentratet.

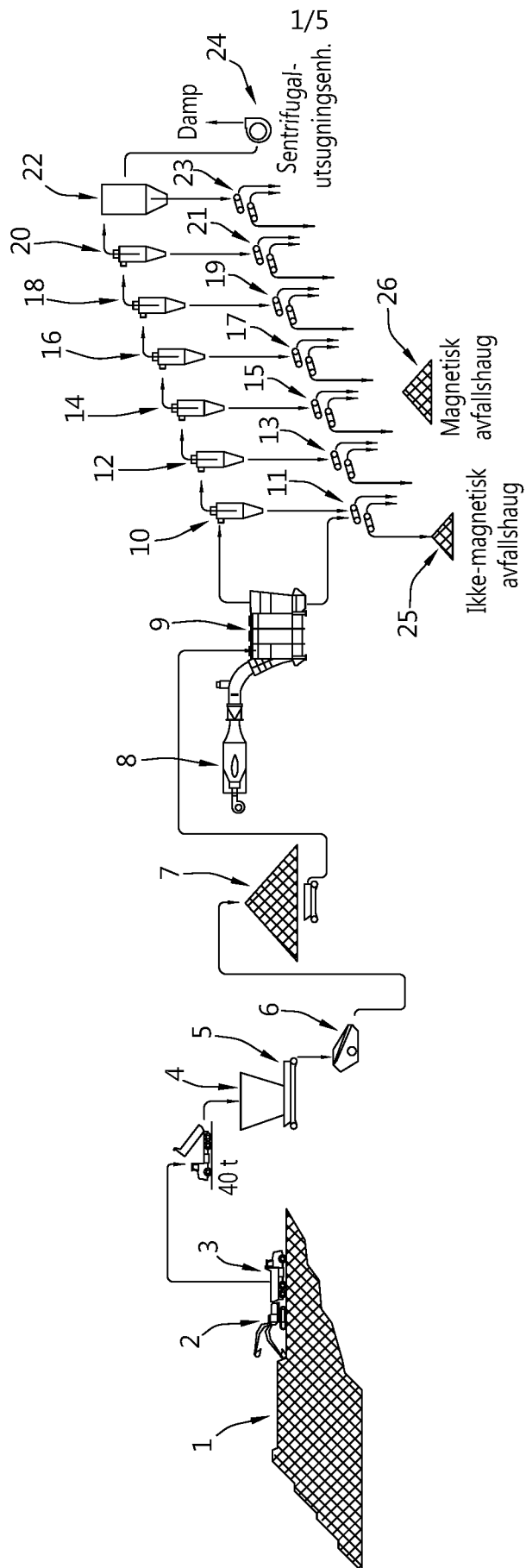
8. Fremgangsmåte ifølge krav 7, karakterisert ved at den videre omfatter et trinn med overføring av malmen til et lagringsområde for tørking eller separering ved hjelp av et transportbånd gjennom en kanal forsynt med en ristemat.

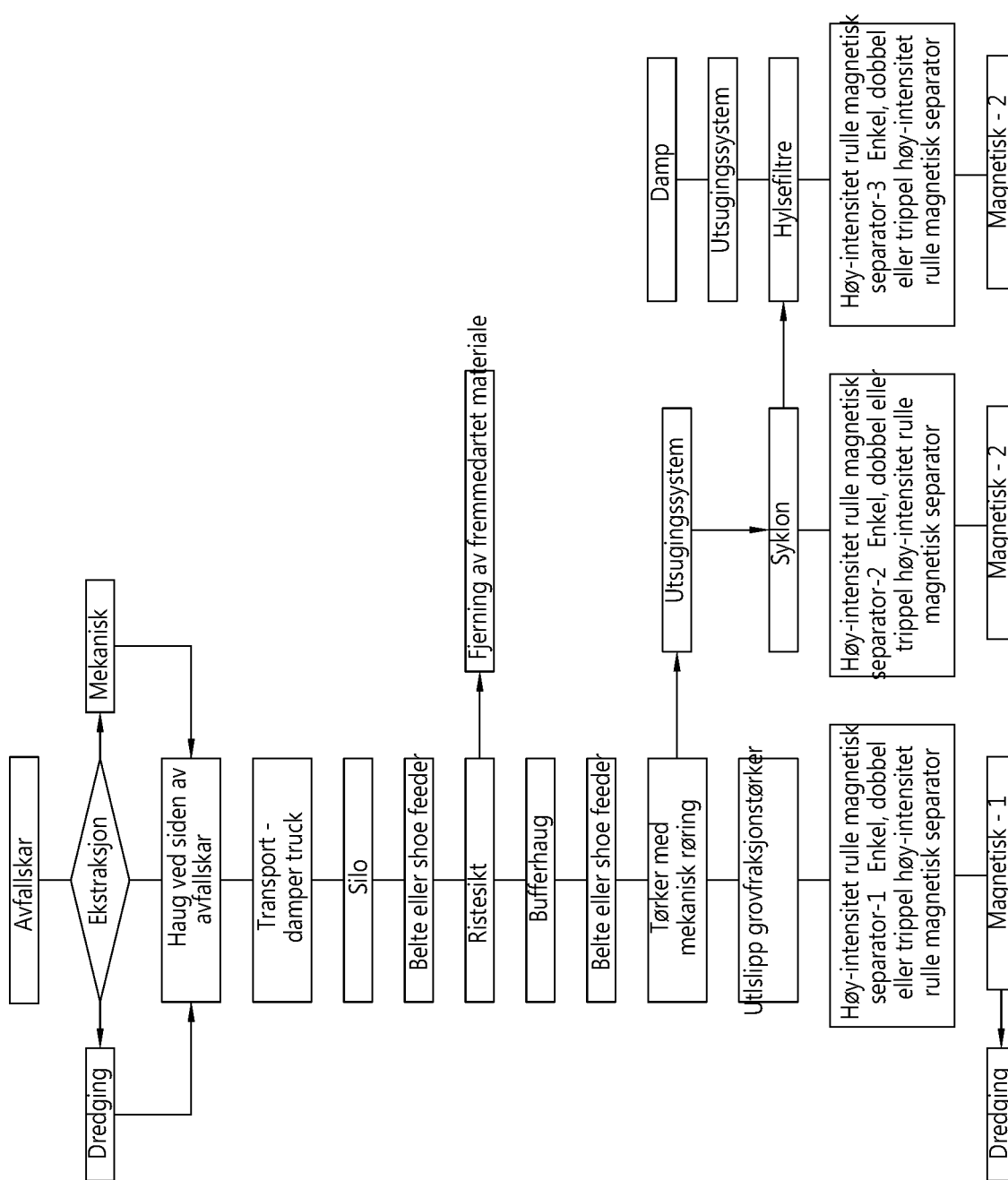
9. Fremgangsmåte ifølge krav 7 eller 8, karakterisert ved at separatorene opererer med en magnetstyrke som kan være opptil 13.000 gauss.

10. Magnetisk separasjonsenhet (11, 13, 15, 17, 21) for separering av bestemte fraksjoner som tilsvarer malmavfall, karakterisert ved at den omfatter en permanent høyintensitets skjerm lignende jordmagnetisk rulleseparator anordnet med en skråstilling for å øke den resulterende krefter mellom sentrifugal- og gravitasjonskreftene som virker på de ikke-magnetiske finkornede partikler av oksidert jernmalm for å unngå å følge den magnetiske fraksjonen og forurensning av det oksiderte jernmalmkonsentratet, den permanente magnetiske valse består av magneter med samme polaritet, nord, med et mellomrom i midten, etterfulgt av magneter med samme polaritet, sør, med et mellomrom i midten.

11. Magnetisk separasjonsenhet ifølge krav 1, karakterisert ved en magnettykkelse: mellomromtykkelse på 3:1.

Fig. 1





3/5

Fig. 3

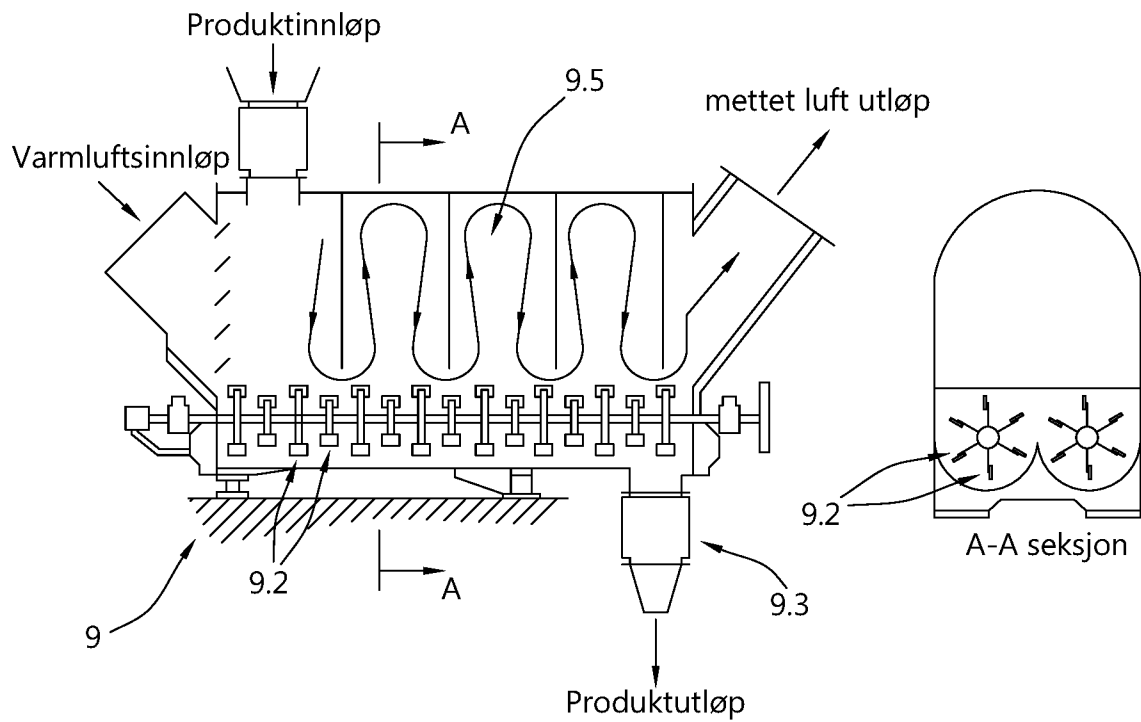


Fig. 4

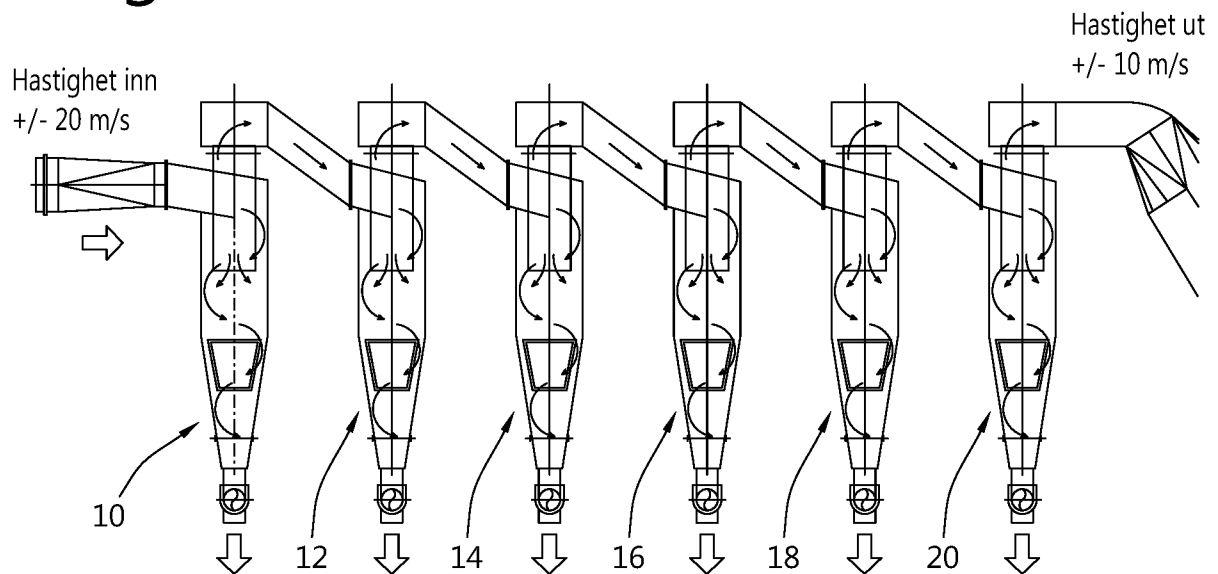


Fig. 5

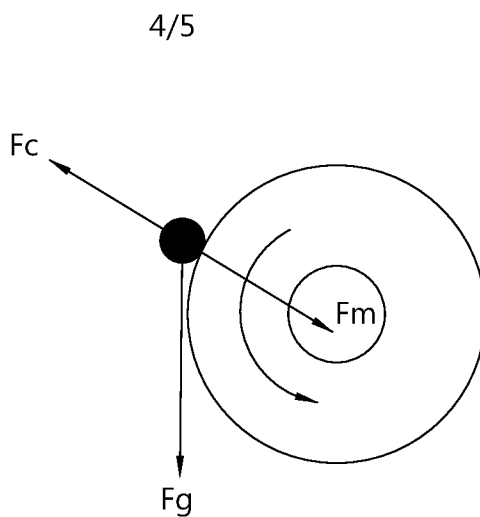


Fig. 6

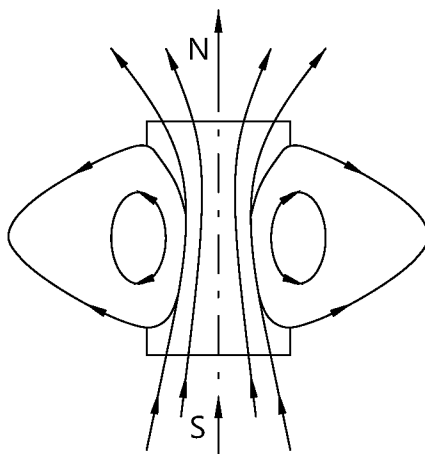


Fig. 7

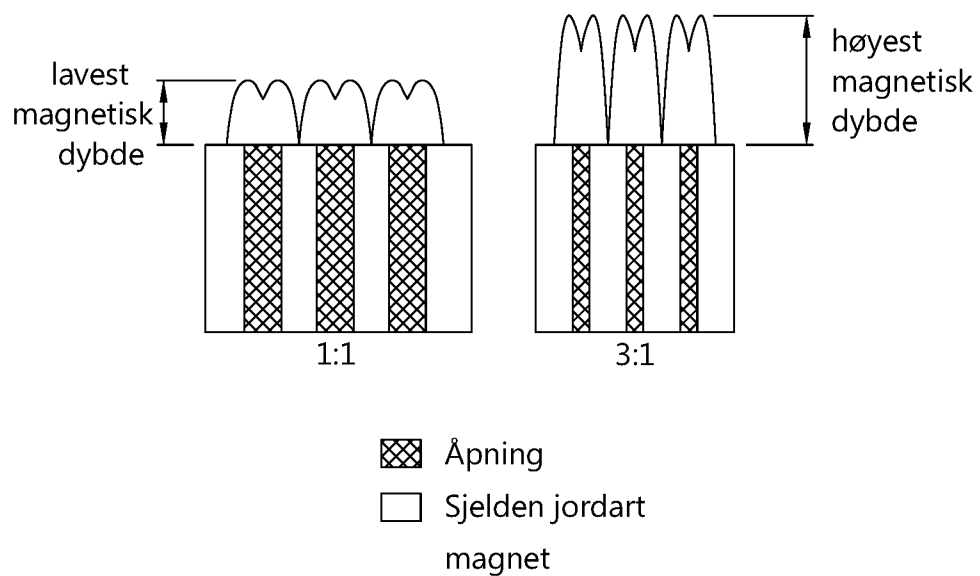


Fig. 8

