



[B] (11) **KUULUTUSJULKAISU** 62341
UTLÄGGNINGSSKRIFT

(45) Patentti myönnetty 10 12 1982

(51) Kv. lk. / Int. Cl. ³ Patent meddelat C 22 B 15/04

SUOMI—FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(21) Patentihakemus — Patentansöknings	137/72
(22) Hakemispäivä — Ansökningsdag	20.01.72
(23) Alkuperäisyys — Giltighetsdag	20.01.72
(41) Tuultu julkiseks — Blivit offentlig	02.08.72
(44) Nähtävöispanon ja kuuljulkaisun pvm. — Ansökan utlagd och utskriften publicerad	31.08.82
(32)(33)(31) Pyydetty etuoikeus — Begärd prioritet	01.02.71
Kanada(CA) 104111	

- (71) Noranda Mines Limited, 44 King Street West, Toronto 1, Ontario,
Kanada(CA)
- (72) Nickolas John Themelis, Beaconsfield, Quebec, George Clement McKerrow,
Noranda, Quebec, Kanada(CA)
- (74) Leitzinger Oy
- (54) Menetelmä ja laite jatkuvatoimisesti sulattaa ja muuntaa kuparirikastetta - Förfarande och anordning för kontinuerlig smältning och konvertering av kopparkoncentrat

Keksinnön kohteena on menetelmä ja laite, jatkuvatoimisesti sulattaa ja muuntaa kuparirikastetta metalliseksi kupariksi tai korkea-asteiseksi metallikiveksi reaktorissa, jossa ylläpidetään sulakylpyolosuhteita, johon syötetään rikastetta ja sulatusainetta ja josta poistetaan kuonaa.

Noranda Mines Limited'ille myönnettyssä kanadalaisessa patentissa 758,020 on jo kuvattu menetelmä kuparikonsentraatin jatkuvatoimiseksi sulattamiseksi ja konvertoimiseksi, jossa menetelmässä sulatus ja konvertointi tapahtuu vaiheittaisina ja peräkkäisinä reaktioina useissa vyöhykkeissä. Mainitun patentin mukainen menetelmä edusti huomattavaa edistysaskelta kuparin sulatus- ja konvertointiteknologiassa. Esillä oleva keksintö edustaa uutta ja yllättävää edellä mainitun perusmenetelmän ja laitteen kehitystulosta jatkuvatoimisesti sulattaa ja konvertoida kuparikonsentraattia ja sillä saavutetaan erityisen edullinen ja taloudellinen systeemi.

Keksinnön mukaisen menetelmän tuntomerkit on esitetty patenttivaatimuksessa 1 ja laitteen tuntomerkit patenttivaatimuksessa 10.

On havaittu, että uuden, jatkuvatoimisen kuparikonsentraatin sulatus- ja konvertointimenetelmän mukaan on edullista suorittaa sulatus- ja konvertointireaktiot reaktion yhdessä ainoassa vyöhykkeessä. Tämä on tehnyt mahdolliseksi lisätä tietyn kokoisen reaktorin tuotantokapasiteettia ja huomattavasti yksinkertaistaa menetelmän työvaiheita ja säätöä. Tämä kehitystulos tarkoittaa huomattavaa teknologista edistystä ei ainoastaan jo tunnettuihin menetelmiin verrattuna vaan myöskin hakijan oman kanadalisen patentin 758,020 mukaiseen menetelmään ja laitteeseen verrattuna. Uuden menetelmän ja laitteiden laajamittaiset pilot plant-kokeilut ovat osoittaneet, että niillä aikaansaadaan tehokas ja taloudellisesti edullinen teollinen prosessi kuparikonsentraatin jatkuvatoimiseksi sulattamiseksi ja konvertoimiseksi.

Vertailun vuoksi voidaan palauttaa mieleen, että tavanomainen kuparin sulatus- ja konvertointimenetelmä käsittää konsentraattien ja juoksutteen sulattamisen lieska- tai puhallusuunissa, jossa kaksi erillistä kerrosta muodostuu - raskaampi kuparikivikerros ($\text{Cu}^2\text{S}-\text{FeS}$) ja ylempi kuonakerros. Ylemmän kerroksen sallitaan laskeutua ja siitä puhdistetaan suurin osa sen kuparisisällöstä. Kuparikivi lieskauunista kuljetetaan sen jälkeen konvertointiastiaan, missä siinä tapahtuu kaksivaiheinen ilma-hapetusreaktio. Konvertointireaktion ensimmäisessä vaiheessa happi reagoi FeS :n kanssa seuraavasti:

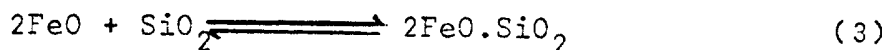


Kaikki Cu_2S , joka voidaan hapettaa Cu_2O :ksi, reagoi välittömästi FeS :n kanssa seuraavasti:



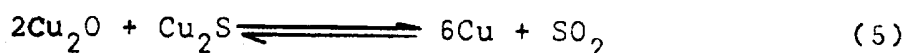
Piioksidi-juoksutetta lisätään konverttoriin jatkuvatoimisesti rautasilikaattikuonan muodostamiseksi reaktioiden (1) ja (2) synnyttä-

män FeO:n kanssa:



Ilmapuhalluksen ensimmäisessä vaiheessa syntynyt kuona kuoritaan sen jälkeen konvertterista ja siirretään lieskauuniin, missä sekoittaminen ja yhteisvaikutus uunin sulan metallin kanssa alentaa sen kuparipitoisuuden 2 - 3 prosentista kuparia noin 0,20 - 0,75 prosenttiin lieskakuonassa.

Cu_2S (valkometalli), joka on jäänyt jäljelle konvertteriin, käsitellään sen jälkeen toisella puhalluksella, jonka uskotaan johtavan seuraaviin rektioihin:



nettotuloksen ollessa metallisen kuparin syntyminen.

Tasapainosysteemissä suurin osa FeS:sta täytyy poistaa ennenkuin mitään metallista kuparia voidaan saostaa yhtälön (5) mukaisesti.

On huomattava, että tässä yhteydessä käytettynä sana "vyöhyke" viittaa sulan metallin yleisesti horisontaalisesti määritettyyn osaan, jonka parametrit on karkeasti määriteltä sulan metallin tilan avulla tässä "vyöhykkeessä" pikemminkin kuin fysikaalisesti jakavien keinojen avulla.

Käsillä olevan keksinnön mukainen menetelmä voitaisiin kuvata termodynaamisesti systeeminä, jossa on olemassa dynaaminen tai ei-tasapainoinen tila. Tuoretta konsentraattia sulatetaan jatkuvatoimisesti kuparikiveen, kun taas reaktorin samassa yleisvyöhykkeessä valkometalli konvertoidaan jatkuvatoimisesti kupariksi vaikkakin sula kuparikivi sisältää enemmän rautaa ja rikkiä kuin tasapainosysteemi Cu-FeS. Sulan metallin voimakas sekoittaminen ilman avulla, joka tulee hormien kautta, ja tuoreiden kuparikonsentraattien jatkuva lisääminen pitävät systeemin ei-tasapainotilassa, missä sulattaminen ja konvertoinnin eri vaiheet tapahtuvat kaikki yhdessä vyöhykkeessä.

Keksintöä selostetaan tarkemmin viittaamalla oheistettuihin piirustuksiin.

Kuvio 1 on kaaviollinen sivukuva pääasiassa vaakasuorasti asetetusta käsillä olevan keksinnön mukaisesta reaktorista ja kaaviollinen esitys muusta reaktorin yhteydessä käytetystä laitteistosta.

Kuvio 2 on poikkileikkauskuva kuvion 1 astiasta.

Kuvio 3 on kaaviokuva, joka esittää materiaalin juoksukaaviota kaupalliselle prosessille, joka pystyy käsittelemään päivässä 800 tonnia konsentraattia.

Piirustustapksissa reaktio 1 on yleisesti katsoen pitkänomainen sylinterin muotoinen uuni, joka on samanlainen kuin Pierce-Smith-konvertteri, jota voidaan kiertää pituusakselinsa ympäri. Reaktorin syöttöpäässä 2 on syöttöportti 3 ja kuonan laskupäässä 4 on kuonan laskureikä 5. Kuonan laskupää 4 voi olla varustettu toisella syöttöportilla 37 konsentraattien tai kiinteiden pelkistimien lisäämistä varten kuona-alueeseen. Polttimet 6, 7 on sijoitettu reaktorin syöttöpäähän 2 ja kuonan laskupäähän 4. Osa polttimen 6 polttoaineesta voidaan injektoida sprayna tai kaasusuihkuna syöttöportin 3 kautta, jotta käytettäisiin hyödyksi tämän portin kautta suotautuneen ilman sisältämä happi. Reaktorin katto tai tavallisesti yläosa 9 on varustettu poistotorvella 8, jota myöskin kutsutaan "suuksi", ja suojuus 10 peittää poistotorven 8, kun reaktori on pystyasennossa. Reaktorissa on kolme vyöhykettä, joita voidaan yleisesti kuvata sulatus- ja konvertointivyöhykkeenä 11, kuparinlaskeutumisvyöhykkeenä 12 ja kuonan puhdistusvyöhykkeenä 13. Kuparinlaskeutumisvyöhyke 12 on varustettu kokoojalla 15 ja kahdella kuparin laskureiällä 16. Hormit 17 sijaitsevat pitkin reaktorin pohjaosaa sulatus- ja konvertointivyöhykkeessä 11.

Toimiessaan reaktori sisältää sulan 30, jossa on kolme nestefaasia, kuparifaasi 18, kuparikivi- tai sulfidifaasi 19 ja kuonafaasi 20. Sula on hyvin kokooja-alueella ja matalin kuonan laskupään vieressä. Hormeja (tai pistoputkia) 21 käytetään injektoidaan ilma tai pelkistävät kaasut kuonaan puhdistusalueella joko jatkuvatoimisesti tai jaksottain.

Kuparikonsentraattia 22 poistetaan jatkuvatoimisesti varastokaukalosta 23 säädetyllä punnitussyöttäjällä 24 ja pelletoidaan pellettoijassa 25. Pieniä kokkareita (1,8 - 2,5 cm) piidoksidijuoksutetta 26 poistetaan varastokaukalosta 27 säädetyllä syöttölaitteella 28. Pellettoitu konsentraatti ja juoksute injektoidaan reaktoriin syöttöportin 3 läpi ja levitetään sulan 30 pinnan yli linkoajan 29 avulla. Ilmaa tai hapella rikastettua ilmaa puhalletaan hormien 17 läpi, mikä johtaa huomattavaan turbulenssiin ja hapetukseen sulan sulatus- ja konvertointialueessa lähellä hormoneja.

Kuparikiven hapettaminen synnyttää rikkidioksidia, joka kulkee pois uunista muiden poistokaasujen kanssa poistotorven 8 kautta suojukseen 10. Poistokaasut menevät cottrell-saostajan 31 läpi, missä pöly 32 otetaan talteen palautuskiertoa varten. On huomattava, että reaktion aikana, joka luonteeltaan on melko turbulentti ja raju, muodostuu poistotorven tai suun 8 ympärille kerrostuma. Tämä kerrostuma, jota myöskin kutsutaan "kaulukseksi", saattaa kasvaa siinä määrin, että se oleellisesti haittaa astiasta poistuvan kaasun virtausta, joka vaikuttaa epäedullisesti reaktoriin syötetyn materiaalin syöttöön. Näin ollen on havaittu tarkoituksenmukaiseksi puhdistaa suu päivittäin nesteiden poistamiseksi. Erityisen käyttökelpoinen tapa suorittaa puhdistaminen on käyttää poltinta, joka käyttää polttoaineena esimerkiksi luonnonkaasua ja happea. Polttimella kehitetyn liekin lämpötila on noin 2800°C ja se hävittää nopeasti muodostuneen kerrostuman suun 8 ympärillä muuttamatta tai pysäyttämättä kokonaisprosessia. Näin puhdistettu suu voidaan helposti pitää avattuna eikä sitä häiritse väliajoin tapahtuva uuden kerrostuman poistaminen mekaanisin keinoin vasaroilla tai vastaavanlaisilla laitteilla. Kuviossa 3 esitetyssä kaupallista mittaa olevan tehtaan materiaalin juoksukaaviossa poistokaasut kulkevat hukkalämpökattilan läpi ja rikkidioksidi otetaan talteen rikkihappotehtaassa. Sulan säädetty hapettaminen johtaa kuparifaasiin 18, joka saostuu kuparikivestä 19 kokoojaan 15, ja kuparikiven 19 yläpuolella olevan kuonafaasin 20 muodostumiseen. Kupari lasketaan jaksottain kuonan laskureiän 5 läpi ja annetaan jäähtyä hitaasti. Sen jälkeen se käsitellään murskaus- ja jauhatuspiirissä 33 ja johdetaan vaahdotuspiiriin 34, missä kuonaan jäänyt kupari otetaan talteen kuonan vaahdotuskonsentraattiin 35 ja kierrätetään takaisin pellettoijaan 25. Kuonan vaahdotuksen jätteet 36 poistetaan jätteeksi.

Kuten kuviossa 2 voidaan nähdä, ilma tai hapella rikastettu ilma, joka on injektoitu hormien läpi, tulee kuparisulfidi-kuparikivisulaan erittäin turbulenssina suihkuna. Tämän suihkun ylösvirtauksessa tapahtuu momentin vaihtoa kaasun ja ympäröivän kuparikiven ja kuonan sulan välillä ja suuria määriä kuparikiveä ja kuonaa joutuu suihkukartioon. Suihku toimii voimakkaana sekoituslaitteena työntäen nestemäisen sulfidifaasin kuonakerroksen läpi, josta se laskeutuu painovoiman avulla jälleen kuparisulfidikerrokseen. Suihkujen energia ei häviä täysin sulan sekoittamiseen. Nestepartikkeleita kulkeutuu kaasun kanssa sulan pinnan yläpuolelle nestesyöksykeinä ja pisaroina.

Lämpö, jonka sulassa synnyttävät konvertointireaktiot ja voimakas sekoitusvaikutus hormien ympärillä, pitää sulan sekaisin ja täten mahdollistaa vaaditut korkeat lämmönsiirtonopeudet kuparisulfidikuparikivestä kuonafaasiin ja konsentraattien syöttöön sulan pinnalla.

Syöttöpartikkelit, joita koko ajan levitetään laajalti sulan pinnan yli, pysyvät olennaisesti erillisinä kokkareina, kunnes ne absorboituvat sulaan ja suuri pinta-ala syötön yksikkötilavuutta kohti edistää täten osaltaan reaktorin korkeaa sulatusnopeutta.

Ei ole tarkoitus esittää, että syöttömateriaalin ja ilman tuonnin täydellinen jatkuvuus on ehdottoman olennaista tämän menetelmän menestyksekkäässä toiminnassa. Pienet muutokset ilmavirtauksessa ja katkot syöttömateriaaleissa eivät olisi kriittisesti tai vakavasti haitallisia, mutta tämän menetelmän jatkuvatoimisuus on erotettava erillisistä puhalluksista, joita käytetään kuparin valmistuksessa tavanomaisilla panosmenetelmillä.

Tasapainossa olevissa toimintaolosuhteissa nopeus, jolla ilmaa tai hapella rikastettua ilmaa puhalletaan hormien läpi, ja nopeus, jolla konsentraatit injektoidaan reaktoriin, ovat niin säädettyt, että hapen määrä on juuri riittävä hapettamaan kaiken lisätyn raudan ja rikin kaikkien muiden (ei kupari) hapettuvien alkuaineiden lisäksi; täten jatkuvatoimisesti muodostetaan kuparia ja kuonaa samalla kun kuparikiven tilavuus reaktiossa pysyy vakiona. Samaan aikaan juoksutelisäyksen määrää säädetään suhteessa ilman ja konsentraattien sisään-tulo-määriin.

Sula kupari ja kuona lasketaan pois sopivin väliajoin tai jatkuvatoimisesti siten, että sulan kuparin, kuparikiven ja kuonan tasot pysyvät halutuissa toimintatasoissa reaktorissa. Esimerkiksi pilot plant-reaktorissa kupari laskettiin tasoon 10,1 - 12,7 cm yli kokoojan pohjan sen jälkeen, kun kuparin taso oli noussut 25,4 - 30,5 cm:iin. Jos kuparin tason annetaan nousta liian korkealle, kupari menee hormoneihin tehden hormien lävistyksen vaikeammaksi. Toisaalta jos kupari lasketaan ulos täysin, rakkokupari sisältää jonkin verran kuparikiveä. Pilot-reaktorissa kuparikivi pidetään tavallisimmin paksuudessa 73,7 - 86,3 cm kuparikiven ylätason ollessa korkeudella 99,1 - 111,8 cm kokoojan yläpuolella ja täten ilma tulee sulaan kuparikivifaasiin alemmassa osassa. Esitetyt dimensiot ovat tietenkin ainoastaan esimerkkejä, eivätkä siis rajoittavia.

Johtamalla ilmaa riittävän syvälle kuparikiven pinnan alapuolelle 95 - 100 % (yleensä lähes 100 %) hapesta reagoi kuparikiven kanssa. Pysyvä korkea hapen hyväksikäyttö tekee mahdolliseksi ennustaa tarkkaan tarvittava ilmamäärä kutakin jonkin tietyn aineyhdistelmän konsentraattitonnia kohti.

Vaikkakin jonkin verran konvertoitumatonta kuparisulfidia lähtee reaktorista kuonaan tai polttokaasuun jääneenä tämä ei huomattavasti häiritse syötön ja ilman säätöä.

Jos ilman suhdetta syöttöön lisätään, jotta saataisiin enemmän ilmaa kuin tarvitaan kaiken uuden konsentraatin hapettamiseen, ylimääräinen ilma muuntaa enemmän kuparisulfidia kupariksi täten "tyhjentäen" kuparikivifaasin. Jos kuparikivifaasi kasvaa yli optimisyvyytensä, sitä voidaan pienentää lisäämällä ilman suhdetta reaktoriin menevän syöttökonsentraatin virtausnopeuteen.

Toisaalta jos ilman suhdetta konsentraattiin pienennetään että saataisiin vähemmän ilmaa kuin tarvitaan hapettamaan kaiken uuden konsentraatin, kuparin syntyminen pienenee tai jopa lakkaisi ja kuparikivikerroksen syvyys kasvaisi. Ilma/konsentraattisuhteen pieneminen edelleen johtaisi lopulta siihen, että kupari kuparimetallifaasista reagoisi kuparikiven kanssa ja pienentäisi metallisen kuparin tilavuutta.

Vaadittu ilmamäärä konsentraatin yksikkösyöttöä kohti lasketaan konsentraattien koostumuksen mukaisesti reaktoriin menevän syöttönopeuden mukaisesti. Pilot-reaktorissa kupari-, kupari- ja kuona-faasien tasot mitataan joka tunti, jotta määritettäisiin onko tapahtunut mitään poikkeamista uunin ennustetun toiminnan ja todellisen toiminnan välillä. Kaikki pienet muutokset havaitussa tasossa tunnit-
taisessa syvyysmittauksessa säädetään sopivasti muuttamalla ilman suhdetta konsentraattiin.

Pilot plant-reaktorin toiminnassa konsentraatin syöttönopeus ja juoksutteen syöttönopeus säädetään koko ajan automaattisesti suhteessa hormin ilmanopeuteen. Jos jokin hormoneista tukkiutuu tai ilmalähteen paineessa tapahtuu vaihteluja, ilman määrä reaktoriin voi vaihdella. Kuitenkin syöttö- ja juoksutelisäysten nopeus on tarkkaan säädetty automaattisilla syöttölaitteilla, jotta säilytettäisiin vaaditut ilma/konsentraatti- ja ilma/juoksutesuhteet. Tehtaissa, joissa ilman vakionpeus voidaan saavuttaa, voidaan käyttää erilaista säätösysteemiä.

Normaaleissa toimintaolosuhteissa suurin osa tarvitusta lämmöstä tulee sulfidien hapettumisesta konsentraatissa. Pilot-tehtaassa on tarpeen korvata tämä lämpö polttamalla polttoainetta reaktorissa; varsinaisessa tehtaassa tällaisen polttoaineen tarve on pienempi, koska hapella rikastetun ilman käyttäminen pienentää olennaisesti tarvittavan polttoaineen määrää, synnyttää polttokaasuja, joissa on korkeampi rikkidioksidikaasun konsentraatio, mikä on sopivampaa rik-
kihapon valmistusta varten, ja myös sallii suuremman tuotantokapasiteetin tietyn kokoiselle reaktorille. Nämä edut täytyy punnita happi-
tehtaan kustannuksia vastaan.

Syöttö Pilot-tehtaan reaktoriin sisältää noin 25 % kuparia ja noin 30 % rautaa. Tiettyyn rajaun saakka rautasulfidit hapettuvat ennen kuparisulfideja ja tyypillisissä toimintaolosuhteissa kuparikivisula sisältää keskimäärin noin 3 % rautaa muun kuparikiven ollessa kupari-sulfidia ja tavallisia epäpuhtauksia.

Eräs esillä olevan keksinnön tärkeä ja yllättävä piirre on se, että tällaisen sulan ei odottaisi tasapainotilassa saostavan kuparia. Tällaisissa olosuhteissa kuparikiven Fe-pitoisuuden tulisi olla paljon alhaisempi kuin 3 % (lähempänä 0,5 %) ennenkuin metallinen kupari saos-
tuu kuparikivestä.

Uuden menetelmän mukaan oletetaan, että voimakkaassa sekoitusalueessa ilmasuihkujen ympärillä kuparikivisulasta poistuu rauta ja rikki niin alhaisiin pitoisuuksiin, että metallisen kuparin syntyminen tulee mahdolliseksi. Jonkin verran metallista kuparia laskeutuu kuparikivestä kokoojaan.

Piidioksidia lisätään syöttöön juoksutteenä, jotta saataisiin Fe/SiO₂ suhde 1,6 - 1,9 kuonassa, mutta kuonan laskeminen ei tule vaikeaksi ennenkuin Fe/SiO₂ suhde tulee noin arvoon 2,1. Jos kuonan sallitaan jähmettyä lähellä kuonan laskuporttia, viskoosinen kuonakerros saattaa muodostua nestemäisen kuonan yläosan päälle. Hormeja tai pistoputkia voidaan käyttää kuonan laskeutumisvyöhykkeessä kuonan sekoituksen edistämiseksi ja tällaisen kerroksen muodostumisen estämiseksi. Alhainen piidioksidikuona on suositeltavaa, koska se muodostaa pienemmän jauhattavan kuonatilavuuden.

Levitettäessä konsentraattia sulan pinnan yli jonkin verran konsentraattia saattaa pudota reaktorin kuonapäähän. Menetelmä on myös varustettu konsentraattisyötön osan lisäämistä varten kuonavyöhykkeessä toisella syöttäjällä, joka on asennettu reaktorin kuonapääseinään. Lisäämällä ja sulattamalla osaa konsentraatin sisään tulosta reaktorin kuonapäässä voidaan pienentää jonkin verran kuonan magnetiitti- ja kuparipitoisuutta ja kuonan juoksevuus paranee. Kuonapääsyöttäjää voidaan käyttää pääsyöttäjän lisäksi operaattorin harkinnan mukaisesti.

Pilot-tehtaan edullisessa toimintamuodossa on havaittu laskea kuona, jossa on suuri kuparipitoisuus, ja käsitellä kuona jauhamalla ja vaahdottamalla korkealaatuisen kuparikonsentraatin talteenottamiseksi, joka kierrätetään takaisin reaktoriin.

Kuonassa oleva kupari on pääasiassa metallina, vaikkakin jonkin verran kuparia on jäänyt mukaan kuparisulfidin muodossa. Jauhatus- ja vaahdotuskokeet paljastivat, että kuonasta saadun jätteen laatu on olennaisesti riippumaton varsinaisen kuonan analyysistä. Tämä on vastoin kokemusta jauhettaessa luonnonmalmeja, joissa jätteiden laadut ja konsentraatiosuhde tavallisesti vaihtelevat varsinaisen malmin analyysin mukaisesti muiden tekijöiden pysyessä vakiona. Kuonat jäähdytetään hitaasti, jotta sallittaisiin liuonneen kuparin saostuminen ja mukaan jääneiden hienojen kuparipartikkeleiden kasvu suuremmiksi partikkeleiksi.

Lasketussa kuonassa olevan kuparin määrä ei ole kriittillinen tekijä, koska kuonan käsitteleminen jauhamalla ja vaahdottamalla vähentää kuparin määrän käsitellyn kuonan jätteissä tiettyyn tasoon riippumatta siitä, onko kuonan kuparipitoisuus korkea tai alhainen.

Taulukko 1 selityksen lopussa esittää erilaisten jauhatus- ja vaahdotuskokeiden tulokset, jotka on suoritettu kuonilla. Taulukon 1 viimeinen pystyrivi osoittaa, että kuparihäviöt jätteissä prosentteina kuparin sisäänsyötöstä reaktoriin ovat suhteellisen kapealla alueella, vaikkakin varsinaisen materiaalin (pystyrivi 3) kuparipitoisuus vaihtelee laajalti.

Suurimittaiset jauhatuskokeet ovat osoittaneet, että pilot plant-reaktorista tuleva kuona voidaan jauhaa tavanomaisella jauhatuksella tai autogeenisella jauhatuksella.

Kokonaisaineen konsentraatiosuhde (taulukon 1 pystyrivi 6) kuonan jauhatuksesta ja vaahdotuksesta on luokkaa 4,5 - 5,5 kuonille, jotka sisältävät 10- 12 % kuparia. Kuparikonsentraatin kuparipitoisuus oli 50 - 60 %.

Käsillä olevan keksinnön mukainen laite ei rajoitu mihinkään erityiseen reaktorin kokoon tai muotoon, vaan Noranda Mines Limited-yhtiön pilot plant-reaktori on hyvä esimerkki toimivasta laitteesta. Noranda pilot plant-reaktori on samanlainen kuin Pierce-Smith-konvertteri ja sitä voidaan kääntää hormien poistamiseksi sulasta, jos näin on tarpeen hätätilanteessa sulan purkamiseksi reaktorin suun kautta.

Reaktoriin on asetettu 13 2,5 cm:n standardi-ilmaputkea, joiden keskustat ovat toisistaan 15,2 cm:n päässä ja jotka ovat 53,2 cm kokoojan pohjan yläpuolella. Hormirivi alkaa yli 1,8 m:n päässä reaktorin syöttöpäästä. Jos hormit olisivat lähempänä syöttöporttia, hormien voimakas sekoitus räiskisi sulaa materiaalia ulos syöttöportista. Voidaan käyttää niinkin vähän näitä hormoneja kuin 4 tai niinkin paljon kuin 12, vaikkakin yleensä käytetään 8 hormia, joihin syötetään noin 1,05 at paineista happikaasua.

Pelletoitu syöttömateriaali sisältää noin 2 - 15 % kosteutta.

Kooltaan yhtenäiset pelletit eivät ole välttämättömiä. Reaktoriin voidaan syöttää pellettimatonta materiaalia; kuitenkin se johtaa hieman suurempaan pölyn kulkeutumiseen poistokaasuissa.

Käsillä olevaa keksintöä voidaan edelleen kuvata eräillä näytteillä arvoista, jotka on saatu laajasta Noranda Mines-reaktion pilot plant-testauksesta.

Taulukko 2 esittää kemiallista analyysiä neljästä erityyppisestä kuparikonsentraatista, jotka on sulatettu ja konvertoitu reaktorissa, ja analyysiä kuonasta ja rakkokuparista, joka on valmistettu näistä neljästä konsentraatista. Neljän rakkokuparinäytteen analyysin välillä ei ollut mitään huomattavaa eroa, vaikka konsentraattien koostumus, joista ne oli valmistettu, oli aivan erilainen.

Neljän kuonanäytteen analyysi osoitti huomattavaa vaihtelua. Kuparipitoisuuden vaihtelut eivät johtuneet konsentraattien kemiallisen pitoisuuden vaihteluista vaan pikemminkin ne riippuivat käyttöolosuhteista reaktorissa. Korkea piidioksidipitoisuus syötössä yleensä johti pienempään magnetiittipitoisuuteen kuonassa.

Konsentraattien, juoksutteen ja ilmavirtauksen nopeuksien automaattista suhteellisuussäätöä voidaan säätää eri konsentraattilaaduille. Polttoaineen syöttö polttimiin säädetään automaattisesti elektronisen pyrometrin avulla, jotta korvattaisiin kaikki mahdollinen reaktoriin syötetyn konsentraatin konvertointireaktion lämmön pieneneminen tai väheneminen.

Kuparijäte anodeilta ja muista lähteistä voidaan syöttää reaktoriin reaktorin suojuksessa olevan valuaukon avulla. Jäteaine voidaan syöttää yhtäjaksoisesti valuaukon läpi nestesulaan, jossa se sulaa ja laskeutuu kuparikokoojaan. Sulatuksen aikana polttoaineen sisäänsyöttö polttimeen kasvaa automaattisesti jätteen sulatuslämmön kompensoimiseksi.

Taulukon 3 antamat yksityiskohdat ovat itsestään selviä ja niistä voidaan nähdä pilot plant-reaktorin toiminta kolmessa erilaisessa tilassa. Nämä olosuhteet sisältävät yhden sulatus- ja konvertointijakson ilmalla, toisen sulatus- ja konvertointijakson hapella rikastetulla ilmalla ja kolmannen jakson ilmalla samalla kierrättäen takaisin ja

sekoittaen kuonakonsentraattia uuden reaktoriin tulevan syötön kanssa.

Hapella rikastetun ilman käyttö lisää sulatetun konsentraatin tonnimäärää tunnissa suhteessa hapen lisäykseen. Uunin läpimenneen kuivan konsentraatin tonnimäärä tunnissa oli noin 20 % korkeampi käytettäessä hapella rikastettua ilmaa.

Lämpötila oli 1150 - 1290°C, mutta normaalikäyttö tapahtui lämpötilassa noin 1230°C.

Uunin, joka käytti kierrätettyä kuonakonsentraattia sisältävää syöttöä, käytön aikana uunin lämpötase muuttui jonkin verran. Tuoreen konsentraatin suhde kierrätettyyn kuonakonsentraattiin oli keskimäärin noin 5:1. Vaikka kierrätetyn kuonakonsentraatin määrä oli suhteellisen pieni verrattuna tuoreen konsentraatin määrään, kierrätetyn konsentraatin rikkipitoisuus on alhainen mutta kuparipitoisuus on hyvin suuri. Tämän seurauksena keskimääräinen kuparituotanto, kun kuonakonsentraattia kierrätettiin, oli melkein kaksinkertainen kuparituoton määrään, kun ainoastaan tuoreita konsentraatteja johdettiin syöttömateriaaliin.

Koska kuparin ominaislämpö on alhainen verrattuna kuonaan, kuonakonsentraatin, jossa oli suuri kuparipitoisuus, kierrättämisellä oli vain pieni vaikutus reaktoriin lämpötaseeseen ja se nosti ainoastaan hieman polttimien polttoaineen kulutusta.

Vaihtoehtona kuonan jauhatus- ja vaahdotuskäsittelylle käsillä oleva keksintö tarkastelee myös kuonan käsittelyä pelkistävällä kaasulla tai muulla tavoin tarkoituksella pienentää kuparipitoisuutta joko itse reaktorin sopivassa laajenemassa tai erillisessä uunissa. Esimerkiksi voidaan käyttää erillistä viipymäuunia, johon paljon kuparia sisältävä kuona kuoritaan tai lasketaan reaktorista. Kuona pelkistetään sen jälkeen kohdistamalla siihen puhalluspelkistävillä kaasuilla ja käsitellään rauta- tai kuparisulfideilla kuten pyridillä, pyrroliitilla tai alkopyriitillä ja annetaan laskeutua sen kuparisisällön talteenottamiseksi laskeutuneena korkealaatuisena kuparikivenä, joka lasketaan viipymäuunin pohjasta. Tämä kuparikivi voidaan kierrättää takaisin reaktoriin.

Pilot plant-reaktorin laajan kehityksen tuloksena on suunniteltu kaupallista mittaa olevat reaktorit käsittelmään 800 tonnia kuivaa konsentraattia päivässä. Ehdotetun kaupallista mittaa olevan reaktorin materiaalin juoksukaavio on esitetty kuviossa 3.

Tämän keksinnön menetelmä ja laite merkitsevät huomattavaa edistystä käytännön kannalta kuparikonsentraattien jatkuvatoimisessa sulatuksessa ja konvertoinnissa metalliseksi kupariksi.

Taulukko 1: Noranda Process kuonan jauhatus

Kuvaus kuonasta	% Fe ₃ O ₄ kuonasta	Jauhatus %-325 mesh	Kuparipitoisuus % Cu			Konsentraatio- suhde pää/ konsentraatti	Kuparihäviö jätteessä %:na kupari- syötöstä reaktoriin
			Pää	Konsen- traatti	Jäte		
Kuona, joka on valmis- tettu hapella rikaste- tussa ajossa ja jäähdy- tetty 68 g:n harkkomuo- tissa	32	90,0	11,3	58,5	0,54	5,46	1,64
Suurimittainen jauhatu- s-koe (jauhatus pallo- myllyllä)	20-26	91,1	11,4	51,5	0,50	4,54	1,47
Suurimittainen jauhatu- s-koe (autogeeninen jauha- tus)	20,26	90,0	11,4	52,1	0,53	4,74	1,58
Noranda Process kuona, joka on pelkistetty hiilellä ja piikarbi- dilla ja pelkistetty upokasuunissa	18	84,0	3,9	43,6	0,67	13,73	2,20
"	12	97,4	2,4	30,2	0,59	18,30	1,94
Noranda Process kuona, jota on käsitelty pelkis- tävästi pilot plant- reaktorissa	12	89,2	2,2	19,8	0,54	11,70	1,71
Noranda Process kuona, jota on käsitelty pelkis- tävästi upokasuunissa	12	95,9	2,2	21,4	0,54	12,40	1,73
	6	80,4	1,4	6,1	0,44	6,10	1,25
		97,4	1,6	12,1	0,36	10,40	1,12

Taulukko 2
Tyypilliset syöttönäytteet

Tyyppi	% Cu	% Fe	% S	% SiO ₂	% Zn	% Pb
1	23,7	28,6	27,6	8,2	0,4	0,9
2	22,5	32,3	27,8	7,0	1,4	0,17
3	23,5	28,5	33,6	3,3	5,9	1,23
4	28,2	27,5	33,6	2,4	7,2	0,52

Syntynyt kuona
(eo. syöttönäytteistä)

Tyyppi	Cu	Fe	SiO ₂	Zn	Pb	Fe ₃ O ₄
1	7,9	39,3	25,4	1,1	0,33	19,7
2	9,2	40,5	24,5	0,9	0,11	20,0
3	10,7	35,5	22,0	5,5	0,57	22,8
4	11,0	32,8	24,8	7,8	0,61	26,0

Syntynyt rakkokupari
(eo. syöttönäytteistä)

Tyyppi	% Cu	% Fe	% S	% Zn	% Pb
1	97,4	0,3	1,50	0,1	0,80
2	97,4	0,2	1,80	0,0	0,03
3	97,7	0,1	1,50	0,1	0,15
4	97,5	0,1	1,30	0,0	0,10

Taulukko 3

	<u>Ilmapuhallus</u>	<u>Kiertävä kuona- konsentraatti</u>	<u>Happi- rikastus</u>
Kokonaisajotunnit	549	345	289
Ajoaika %:na kokonaisajasta	89	92	81
Konsentraattisyöttö (kuiva) (keskim. tn/h)	4,00	3,85	4,78
Kierrätetty kons. (keskim. tn/h)	-	0,78	-
Juoksutesyöttö (keskim. tn/h)	0,78	0,775	1,07
Muodostunut kupari (keskim. tn/h)	0,458	0,825	0,353
Muodostunut kuona (keskim. tn/h)	3,14	3,20	3,89
Muodostunut lentopöly (keskim. tn/h)	0,24	0,23	0,29
Ilmapuhallus (keskim. Nm ³ /min.)	968,7	1063,2	782,8
Happipuhallus (keskim. Nm ³ /min.)	-	-	59,7
% O ₂ rikastetussa ilmassa	-	-	26,3
Tuore märkäsyöttö (kostea) (tn/h)	5,0	4,8	6,0
Kokonaismärkä syöttö (mukaanlukien kierrätetty kons.)	5,0	5,58	6,0
Polttoaine Kcal/tn kuivaa tuoretta konsentraattia	152	158	66,0
Polttoaine Kcal/tn mää- kää tuoretta syöttöä	122	123	53,0

Taulukko 3 (jatkoa)

<u>Tuoteanalyysi</u>	<u>Ilmapuhallus</u>	<u>Kiertävä kuona-</u> <u>konsentraatti</u>	<u>Happi-</u> <u>rikastus</u>
(Tyypillinen, ei keskimääräinen)			
Konsentraatti			
Kupari Cu %	22,8	23,6	25,0
Rauta Fe %	28,0	29,5	27,4
Piidioksidi SiO ₂ %	3,9	3,0	2,6
Rikki S %	33,6	33,7	37,4
Kierrätetty kuona			
Konsentraattikupari		51,3	-
Juoksute			
Piidioksidi SiO ₂ %	66,6	67,2	67,7
Rauta Fe %	6,1	5,6	5,4
Kuona			
Kupari	10,0	10,5	11,8
Rauta	35,7	36,4	34,6
Piidioksidi	22,5	22,1	21,1
Rikki	1,0	1,1	1,4
Kupari (rakko)			
Kupari	97,5	97,9	97,6
Rauta	0,3	0,1	0,2
Rikki	1,6	1,4	1,4

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä jatkuvatoimisesti sulattaa ja muuntaa kuparirikastetta (22) metalliseksi kupariksi tai korkea-asteiseksi metallikiveksi reaktorissa (1), jossa ylläpidetään sulakylpyolosuhteita, johon syötetään rikastetta (22) ja sulatusainetta (26) ja josta poistetaan kuonaa (20), t u n n e t t u siitä, että rikastetta (22) ja sulatusainetta (26) syötetään reaktorin (1) yksittäisen sulatus- ja puhallusvyöhykkeen (11) kylvyn (30) pinnalle ja hapettava kaasu injektoidaan kylvyn pinnan alapuolelta reaktoriin (1) siten, että ylläpidetään turbulenssitilaa ja dynaamisia olosuhteita pääasiallisesti läpeensä mainitussa yksittäisessä vyöhykkeessä (11) sekä sulatus- että puhallustoimintojen suorittamiseksi siinä samanaikaisesti, jolloin rikasteen (22) ja sulatusaineen (26) lisääminen suoritetaan sellaisessa määrin, joka on tasapainoitettussa suhteessa hapettavien kaasujen injektiointimäärään mainitussa yksittäisessä vyöhykkeessä (11) olevan rikasteen (22) sisältämän raudan ja rikin jatkuvasti hapettamiseksi sulamisen aikaansaamiseksi ja rikasteen muuttamiseksi metalliseksi kupariksi tai korkea-asteiseksi metallikiveksi, jota poistetaan reaktorista (1) jatkuvasti tai jaksottain.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että metallikiven (19) määrää reaktorissa (1) pidetään pääasiallisesti vakiona.
3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hapettavan kaasun injektointia suoritetaan sellaisessa määrin, että yli 95 % kaasun happipitoisuudesta reagoi reaktorin (1) yksittäisessä sulatus- ja puhallusvyöhykkeessä (11).
4. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hapettava kaasu injektoidaan reaktorin (1) yksittäisessä sulatus- ja puhallusvyöhykkeessä (11) olevan metallikivikerroksen alempaan osaan.
5. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että metallista kuparia (18) ja kuonaa (20) poistetaan siten, että metallisen kuparin (18), kuparikiven (19) ja kuonan (20) kerrokset pysyvät reaktorissa (1) edeltäpäin määrättyillä tasoilla.

6. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että kuonavyöhykkeessä (13) olevaan kuonaan (20) injektoidaan lisäksi ilmaa tai pelkistävää kaasua, esim. luonnonkaasua.

7. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että rikasteen (22) ja hapettavan kaasun säädetty syöttömäärä aikaansaadaan säätämällä automaattisesti rikasteen syöttömäärää suhteessa hapettavan kaasun injektointimäärään.

8. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että metallikiven (19) Fe pitoisuus pidetään suunnilleen 3 %:ssa.

9. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että reaktorin (1) sulatus- ja puhallusvyöhykkeeseen (11) injektoitu hapettava kaasu on ilmaa tai hapella rikastettua ilmaa.

10. Laite metallirikasteiden, kuten kuparirikasteiden jatkuvatoimiseksi sulattamiseksi ja puhaltamiseksi (konvertoimiseksi), johon laitteeseen kuuluu:

- a) pääasiallisesti vaakasuuntainen, sopivimmin pyöritettävä reaktori (1), jossa on syöttöpää (3) rikasteita (22) ja sulatusaineita (26) varten ja yksittäinen vyöhyke (11), jossa sekä sulatus että puhallus suoritetaan samanaikaisesti ja jatkuvatoimisesti;
- b) elimet sulakylpyolosuhteiden (30) ylläpitämiseksi reaktorissa (1);
- c) hormit (17) hapettavan kaasun syöttämiseksi mainittuun reaktorin (1) yksittäiseen vyöhykkeeseen (11);
- d) mainittua yksittäistä sulatus- ja puhallusvyöhykettä (11) seuraava laskeutumisvyöhyke (12), jonka pohjassa on sopivimmin syvennys (15) ja poistotiehyt (16) sulalle metallimateriaalille;
- e) kuonavyöhyke (13), jossa on poistopää sulan kuonan (20) poistoa varten;

tunnettu siitä, että laitteeseen kuuluu lisäksi

- f) ensimmäiset säätöelimet hapettavan kaasun nopeuden ja syöttömäärän säätämiseksi mainittujen hormien läpi sulakylvyn (30) pinnan alapuolelle mainitussa yksittäisessä sulatus- ja puhallusvyöhykkeessä (11) siten, että syöttö tapahtuu riittävällä voimalla

synnyttämään turbulentin ja dynaamisen tilan mainitun yksittäisen vyöhykkeen (11) kylvyn sisä- ja yläpuolelle;

- g) toiset säätöelimet rikasteen (22) ja sulatusaineen (26) syöttömäärän säätämiseksi syöttöpään (3) kautta; ja
- h) kolmannet säätöelimet, jotka on järjestetty säätämään hapettavan kaasun syöttöä ja rikasteen (22) ja sulatusaineen (26) syöttöä ennalta määrätyssä suhteessa.

Patentkrav

1. Förfarande för att kontinuerligt smälta och förvandla kopparanrikning (22) till metallisk koppar eller höggradig metallsten i en reaktor (1), i vilken smältbadsbetingelser upprätthålles och anrikning (22) samt flussmedel (26) inmatas och från vilken slaggen (20) avlägsnas, k ä n n e t e c k n a t därav, att anrikning (22) och flussmedel (26) inmatas i reaktorn (1) till ytan av smältbadet (30) i en isolerad smält- och blåszon (11) och från undre sidan av badet injekteras oxiderande gas till reaktorn (1) sålunda, att i nämnda isolerade zon (11) väsentligt genomgående upprätthålles turbulens-tillstånd och dynamiska betingelser samt för att i denna samtidigt utföra smält- och blåsfunktionerna, varvid tillförseln av anrikning (22) och flussmedel (26) utföres i en mängd, som står i ett balanserat förhållande till injektionsmängden av oxiderande gaser, för att i nämnda isolerade zon (11) kontinuerligt oxidera järnet och svavlet i anrikningen i och för smältning och anrikningens överföring till metallisk koppar eller höggradig metallsten, vilket kontinuerligt eller periodiskt avlägsnas ur reaktorn (1).
2. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att mängden metallsten (19) i reaktorn (1) hålles väsentligt konstant.
3. Förfarande enligt patentkrav 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a t därav, att injekteringen av den oxiderande gasen utföres i sådan mängd, att över 95 % av gasens syrehalt reagerar i reaktorns (1) isolerade smält- och blåszon (11).
4. Förfarande enligt något av de ovanstående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t därav, att den oxiderande gasen injekteras till nedre delen av metallstensskiktet i reaktorns (1) isolerade smält- och blåszon (11).
5. Förfarande enligt något av de ovanstående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t därav, att den metalliska kopparn (18) och slaggen (20) avlägsnas så, att skikten av metallisk

koppar (18), kopparsten (19) och slagg (20) i reaktorn (1) hålles på i förväg bestämda nivåer.

6. Förfarande enligt något av de ovanstående patentkraven k ä n n e t e c k n a t därav, att i slaggen (20) i slaggzonen (13) dessutom injekteras luft eller reducerande gas, t.ex. naturgas.

7. Förfarande enligt något av de ovanstående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t därav, att den reglerade mängden matad anrikning (22) samt oxiderande gas åstadkommes genom automatisk reglering av mängden matad anrikning i förhållande till den injekterade mängden oxiderande gas.

8. Förfarande enligt något av de ovanstående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t därav, att metallstenens (19) Fe-halt hålles ungefär vid 3 %.

9. Förfarande enligt något av de ovanstående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t därav, att den till reaktorns (1) smält- och blåszon (11) injekterade, oxiderande gasen utgörs av luft eller med syre anrikad luft.

10. Anordning för kontinuerlig smältning och blåsning av metallanrikningsprodukter såsom kopparanrikningar (konvertering), till vilken anordning hör:

- a) en i huvudsak vågrät, lämpligast roterbar reaktor (1), i vilken finns en matarända (3) för anrikningar (22) och flussmedel (26) samt en isolerad zon (11), där såväl smältning som blåsning utföres samtidigt och kontinuerligt;
- b) organ för att upprätthålla smältbadsbetingelserna i reaktorn (1);
- c) kanaler (17) för att mata oxiderande gas till nämnda reaktors (1) isolerade zon;
- d) en efter nämnda, isolerade smält- och blåszon (11) följande avsättningszon (12), i vars botten lämpligast finns en fördjupning (15) samt en avgångspassage (16) för smält metall;
- e) en slaggzon (13) med en avgångsända för att avlägsna smält slagg (20);

k ä n n e t e c k n a t därav, att till anordningen dessutom hör f) de första regleringsorganen för att reglera den oxiderande

gasens hastighet och matningsmängd genom de nämnda kanalerna till den undre sidan av smältbadets (30) yta i den nämnda, isolerade smält- och blåszonen (11) sålunda, att matningen äger rum med tillräcklig kraft för att ge upphov till ett turbulent och dynamiskt tillstånd innanför och ovanför badet i den nämnda, isolerade zonen (11);

g) de andra regleringsorganen för att reglera anrikningens (22) och flussmedlets (26) matningsmängd genom matarändan (3); och

h) de tredje regleringsorganen, vilka anordnats för reglering av den oxiderande gasens matning samt anrikningens (22) och flussmedlets (26) matning i ett på förhand bestämt förhållande.

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

Kuulutusjulkaisuja:-Utläggningsskrifter: Ruotsi-Sverige(SE) 347 530 (C 22 B 15/04).

Patenttijulkaisuja:-Patentskrifter: Suomi-Finland(FI) 48 612 (C 22 B 15/14). Kanada(CA) 758 020. Ranska-Frankrike(FR) 1 429 265 (C 22 B). USA(US) 942 675.

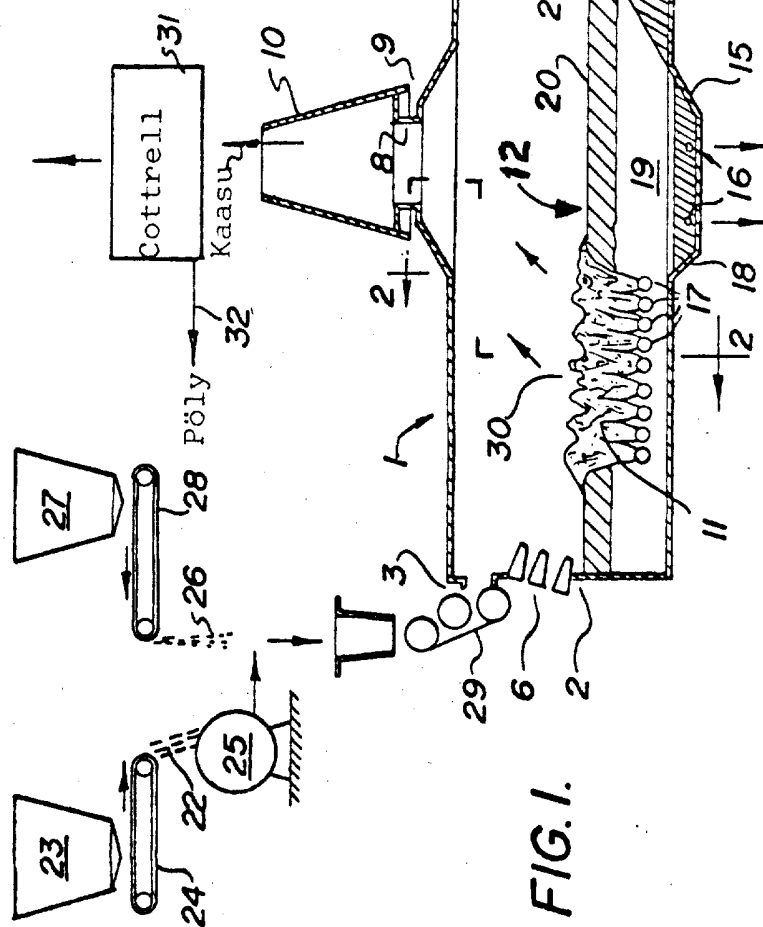


FIG. 1.

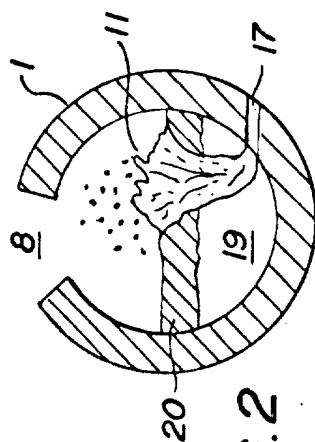


FIG. 2.

Jätteen poisto

34

35

36

37

38

39

40

41

Konsentraatin
palautuskierro
pelletisoijaan

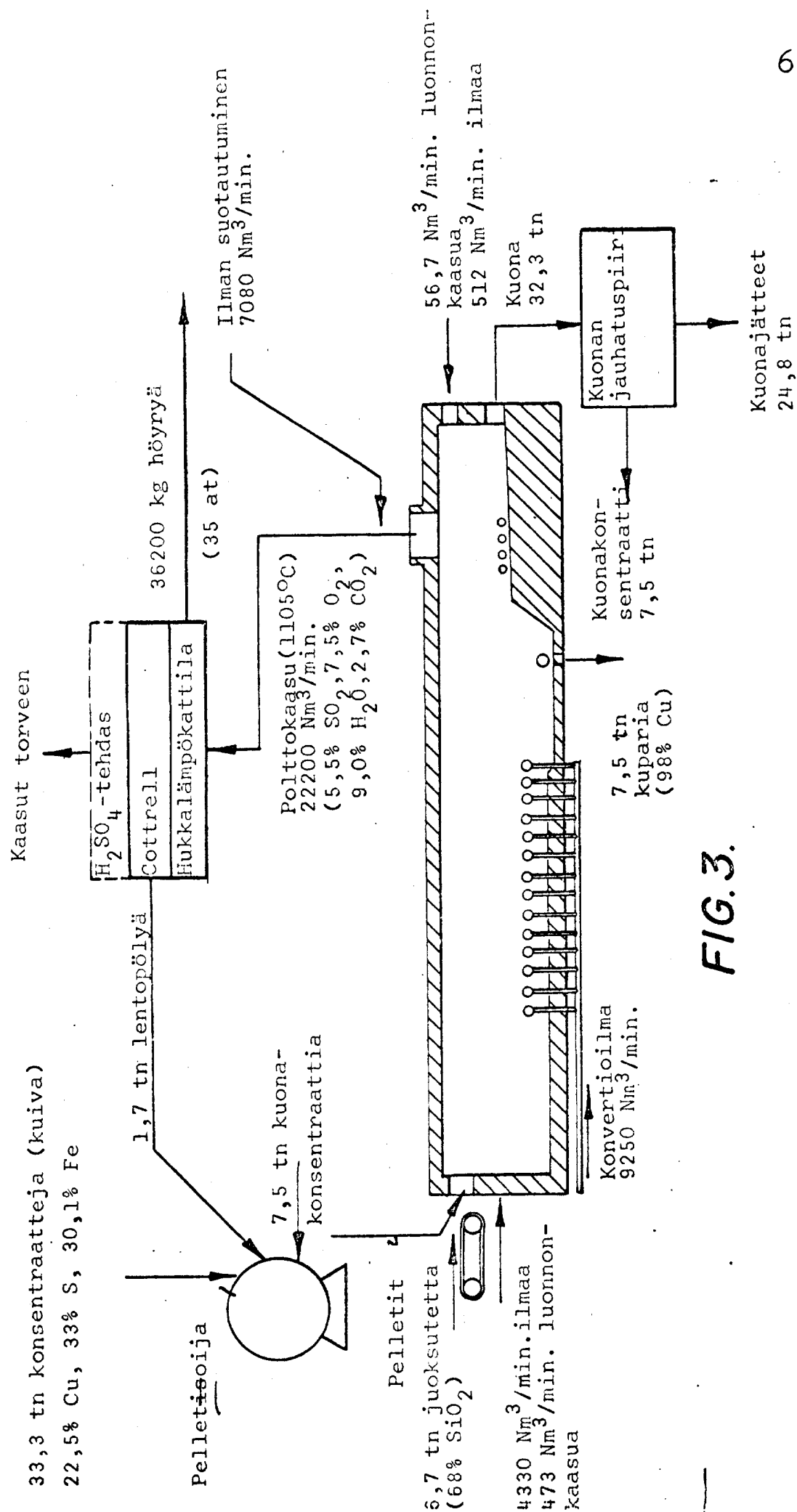


FIG. 3.