



SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT



(10) FI 116905 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

31.03.2006

(51) Kv.lk. - Int.kl.

C22B 3/42 (2006.01)
C22B 3/08 (2006.01)
C22B 15/00 (2006.01)
C22B 19/00 (2006.01)
C22B 23/00 (2006.01)

(21) Patentihakemus - Patentansökning

974427

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

05.12.1997

(24) Alkuperäpäivä - Löpdag

04.01.1996

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

05.12.1997

(86) Kv. hakemus - Int. ansökan

PCT/CA96/00003

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet

07.06.1995 US 488128 P

(73) Haltija - Innehavare

1 •Cominco Engineering Services Ltd, Suite 500, 200 Burrard Street, Vancouver, B.C. V6C 3L7, KANADA, (CA)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Jones, David L., 1028-51 A Street, Delta, British Columbia V6C 3L7, KANADA, (CA)

(74) Asiamies - Ombud: Berggren Oy Ab
Annankatu 42 C, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Menetelmä nikkeli- tai kobolttiarvojen uuttamiseksi metallimalmista tai rikasteesta
Förfarande för extraktion av nickel- eller koboltvärden från en metallmalm eller ett koncentrat

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

US 4971662 A, US 3761566 A

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö koskee menetelmää metallin uuttamiseksi malmista tai rikasteesta, joka saateetaan painehapetukseen hapen ja sellaisen happaman liuoksen läsnäollessa, joka sisältää halogeeni-ioneja sekä bisulfaatti- tai sulfaatti-ionien lähteen, kuten H₂SO₄:a. Prosessilla uutettaviin metalleihin sisältyvät kupari sekä ei-kuparimetallit, kuten sinkki, nikkeli ja koboltti. Painehapetuksen aikana metalli saostuu liukenemattomana, emäksisenä suolana, kuten emäksisenä kuparisulfaattina, tai se liukenee olennaisesti täysin ja saostetaan myöhemmin emäksisenä metallisuolana.

Uppfinningen avser en process för extrahering av en metall från en malm eller en anrikning, vilka utsätts för tryckoxidation i närvaro av syre och en sådan sur lösning, som innehåller halogenioner och en bisulfat- eller sulfationkälla, så som H₂SO₄. Metaller-na, som kan extraheras vid processen, innehåller koppar och icke-kopparmetaller, så som zink, nickel och kobolt. Under tryckoxidationen kan metallen utfälls som ett olösligt basiskt salt, till exempel som ett basiskt kopparsulfat, eller så löser det sig huvudsakligen fullständigt och kan utfälls sedan som basiskt metallsalt.

Menetelmä nikkeli- tai kobolttiarvojen uuttamiseksi metallimalmista tai rikasteesta**5 Keksinnön alue**

Tämä keksintö koskee metallimalmien tai -rikasteiden nestemetallurgista käsittelyä. Se koskee erityisesti nikkelin tai koboltin uuttamista malmeista tai rikasteista halogeeni-ionien, kuten kloridi-ionien, läsnä ollessa.

Keksinnön tausta

Kuparisulfidimalmien, kuten kuparikiisun (CuFeS_2), nestemetallurginen käsittely on ongelmallista, koska voimakkaat olosuhteet, joita tarvitaan painehapetusvaiheessa kuparin tehokkaaksi uuttamiseksi näistä malmeista, hapettavat malmin sulfidin sulfaatiksi, minkä tuloksena tuotetaan suuria määriä happoa, joka edellyttää kallista neutralointia. On yritetty saattaa sulfidirikaste uutettavaksi suhteellisen miedoissa olosuhteissa, joissa sulfidi hapettuisi vain alkuainerikiksi eikä se kävisi läpi koko hapettumistapahtumaa sulfaatiksi saakka. Näihin yrityksiin sisältyy rikasteen esikäsittely ennen painehapetusvaihetta, jotta sulfidirikaste saatetaan helposti uutettavaksi, ja rikasteen uuttaminen kloridi-ionien läsnä ollessa, kuten kuvataan US-patentissa 4 039 406. Prosessissa, jota kuvataan viimeksi mainitussa patentissa, merkittävä määrä (20 - 30 prosenttia) malmin tai rikasteen sulfidista hapettuu vielä sulfaatiksi, minkä seurauksena paineuuton aikana tarvitaan happoa ja tuotetaan rikkihappoa. Tämä on erityisen epäsuotuisaa huonompilaatuisille rikasteille, joissa suhde S/Cu on suuri.

US-patentti 4 971 662 esittää prosessin kuparin ja sinkin nestemetallurgista talteenottoa varten kuparisulfidimalmeista. Prosessissa uutetaan malmi happamassa liuoksessa, jossa on kuparikloridia ja sulfaatti-ioneja, siten että samalla suihkutetaan sisään happoa. Tämä uutto toteutetaan kohtuullisessa

lämpötilassa (85 - 106 °C) ja paineessa (ilmakehän paineesta aina 172,3 kPa:aan saakka).

5 Tämä keksintö saa aikaan nikkelin ja (tai) kobolttin nestemettallurgisen uuttoprosessin joko yksinään tai kuparin kanssa.

Keksinnön yhteenveto

10 Keksintö muodostuu menetelmästä nikkeli- tai kobolttiarvojen uuttamiseksi metallimalmista tai rikasteesta, alistamalla malmi tai rikaste painehapetukselle hapen ja sellaisen happamen liuoksen läsnä ollessa, joka sisältää bisulfaatti- tai sulfaatti-ionien lähteen, joka on valittu ryhmästä, joka koostuu rikkihaposta ja metallisulfaatista, joka hydrolysoituu happamessa liuoksessa, sellaisen painehapetusliuoksen muodostamiseksi, joka sisältää nikkeli/kobolttiarvoja, painehapetuksen tapahtuessa halogeeniatomien läsnä ollessa. Menetelmälle on 15 erityisesti tunnusomaista se, että nikkeli- tai kobolttiarvoja talteenotetaan yksinomaan painehapetusliuoksesta poistamalla nikkeli/kobolttiarvot painehapetusliuoksesta ja 20 uudelleenkierrättämällä saatu liuos painehapetukseen nikkeli/kobolttiarvojen poistamisen jälkeen.

25 Patenttiselityksessä viitataan kloridin käyttöön. On kuitenkin täysin ymmärrettävää, että kloridi voitaisiin korvata bromidilla, jos halutaan. Keksinnön muut kohteet ja edut käyvät ilmi keksinnön edullisten sovellusmuotojen kuvauksesta, joka esitetään seuraavana.

Kuvioiden lyhyt kuvaus

30 Kuvio 1 on kuparin sellaisen nestemetallurgisen uuttamisprosessin kulkukaavio, joka soveltuu korkealaatuisten kuparimalmien - tai rikasteiden käsittelyyn.

35 Kuvio 2 on kuparin sellaisen nestemetallurgisen uuttamisprosessin prosessikaavio, joka soveltuu keski- ja huonompilaatuisten kuparimalmien tai rikasteiden käsittelyyn.

Kuvio 3 on kuparin sellaisen nestemetallurgisen uuttoprosessin kulkukaavio, joka saa aikaan sinkin uuton kuparin lisäksi.

5 Kuvio 4 on kuparin sellaisen nestemetallurgisen uuttoprosessin kulkukaavio, joka saa aikaan nikkelin uuton kuparin lisäksi.

10 Kuvio 5 on kulkukaavio metallien nestemetallurgiselle uutamisprosessille kupari-nikkelisulfidirikasteesta keksinnön erään sovellusmuodon mukaan.

Kuvio 6 on kulkukaavio metallien nestemetallurgiselle uutamisprosessille nikkeli-kuparisulfidirikasteesta keksinnön erään toisen sovellusmuodon mukaan.

15 Kuvio 7 on kulkukaavio metallien nestemetallurgiselle uutamisprosessille nikkeliateriitista keksinnön erään sovellusmuodon mukaan.

Edullisten sovellusmuotojen yksityiskohtainen kuvaus

20

Tämän keksinnön mukainen prosessi on riittävän joustava kuparirikasteiden sellaisen alueen käsittelemiseksi, jossa kuparin aste vaihtelee noin 15 prosentista tai sitä vähemmästä määrästä korkealaatuiseen, se on noin 35 prosenttia tai sitä suuremman määrän kuparia sisältävään, malmiin.

25

30 Prosessissa on yleisesti puhuen painehapetusvaihe, ilmakehässä toteutettu uuttamisvaihe, yksi tai useampia liuotinuuttovaiheita sekä löektrolyyttinen rikastusvaihe. Rikasteen eri asteet vaativat erilaista käsittelyä painehapetusvaiheessa, mikä edellyttää erilaisia toimintatapoja. Näitä toimintatapoja nimitetään vastaavasti tavaksi A ja B. Tavassa A, joka on tehokas, kun uutetaan korkealaatuisia kuparimalmeja, kuparia ei uuteta painehapetusvaiheessa. Tavassa B, joka on tehokas, kun uutetaan keski- tai huonompilaatuisia kuparimalmeja, kupari uutetaan painehapetusvaiheessa.

35

Kutakin kahdesta toimintatavasta kuvataan nyt vuorostaan.

Toimintatapa A

5 Kuvio 1 on toimintatavan A prosessikaavio. Prosessissa on painehapetusvaihe 12 painehapetusastiassa eli autoklaavissa, ilmakehässä toteutettava uuttovaihe 14, vastaavasti primaari-

10 set ja sekundaariset liuotinuuteaineella toteutettavat vaiheet 16 ja 18 sekä elektrolyyttinen rikastusvaihe 20.

10

Painehapetusvaiheessa 12 kaikki kuparimineraalit muutetaan emäksiseksi kuparisulfaatiksi $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{Cu}(\text{OH})_2$. Käsittely toteutetaan hapen kanssa kloorihappoliuoksen läsnä ollessa. Tätä tarkoitusta varten happi sekä HCl ja H_2SO_4 johdetaan autoklaaviin. Lämpötila autoklaavissa on noin 130 - 150 °C ja paine on noin (790 - 1480 kPa). Tämä on kokonaispaine, johon sisältyy hapen paine sekä höyrynpaine. Retentioaika on noin 0,5 - 2,5 tuntia, ja normaalisti prosessi toteutetaan jatkuvana autoklaavissa. Prosessi voidaan toteuttaa myös erinä, jos niin

15

20 halutaan.

20

Kuiva-ainepitoisuus pidetään autoklaavissa noin 12 - 25 prosenttina, se on, kiinteiden aineiden pitoisuus on 150 - 300 g litrassa, lämpötasapainolla tai viskositeettirajoituksilla

25 määritettynä.

25

Autoklaavissa tuotettu liete puretaan yhden tai useamman säiliön 22 muodostaman sarjan kautta, jossa tai joissa alennetaan paine äkillisesti, jotta paine saatetaan ilmakehän paineeksi ja lämpötila 90 - 100 °C:seen. Lietteen nesteosaa pidetään tuoteliuoksena, joka on saatu painehapetusvaiheesta 12 ja se ilmaistaan viitenumerolla 21.

30

30

Liete paineenalennussäiliöstä (-säiliöistä) 22 suodatetaan, kuten esitetään kohdassa 24, ja saatu suodatuskakku pestään perusteellisesti jotta poistetaan mukana vietyä nestettä niin paljon kuin mahdollista.

35

35

Painehapetussuodos suodatuksesta 24 kierrätetään uudelleen painehapetusvaiheeseen 12, mutta on olemassa pieni, noin viiden prosentin suuruinen veden poisto, kuten esitetään kohdassa 26. Tämä vedenpoisto 26 määritetään malmin sellaisien liukoisten metallien pitoisuutena, jotka voivat liueta painehapetusvaiheen 12 aikana. Poistettua vettä 26 käsitellään sammuttamattomalla kalkilla kohdassa 28, jotta poistetaan metallit, kuten sinkki ja magnesium kiinteinä tähteinä, joita on kuparirikasteissa, sekä näiden metallien kerrostamiseksi neutraloimalla ne painehapetuskierrrossa. Painehapetuskierto on kierto painehapetusvaiheesta 12 rikkidioksidinpoistosäiliöön (-säiliöihin) 22, suodatukseen 24, veden poistoon 26 ja takaisin painehapetusvaiheeseen 12. Se ilmaistaan viitenumerolla 23.

15

Veden poisto 26 on liuotinuuton kohteena, kuten esitetään kohdassa 27, ennen vedenpoistokäsittelyä 28. Liuotinuutto 27 toteutetaan sopivan orgaanisen uuttoaaineen avulla kuparin kuparin poistamiseksi veden poistosta 26. Tämä liuotinuutto liittyy liuotinuuttovaiheisiin 16 ja 18, ja siihen viitataan jälleen, kun kuvataan kahta viimeksi mainittua uuttovaihetta.

20

Ennen painehapetusvaihetta 12 jauhetaan kuparirikaste ensin uudelleen, kuten esitetään kohdassa 30, jotta pienennetään partikkelikokoa noin 97 prosenttiin miinus 325 meshiä, joka vastaa P80:ntä (80 prosenttia läpäisee) 15 mikronia. Uudelleenjauhatusta 30 toteutetaan liuoksessa, joka on kierrätetty uudelleen vedenpoistokäsittelystä 28. Täten lietteestä, joka on saatu vedenpoistokäsittelystä 28, erotetaan neste tai kiinteä aine, kuten esitetään kohdassa 32, ja liuos kierrätetään uudelleen jälkijauhatukseen 30 ja sinkki- tai magnesiumvedenpoistotähte heitetään pois, kuten esitetään kohdassa 17.

25

30

Liuos, joka kierrätetään jälkijauhatukseen 30, on emäksinen kloridiliemi, jonka pH on noin 10. Tämän nesteen käyttö vähentää veden syöttöä painehapetuspiiriin 23, mikä on tärkeää

35

pidettäessä yllä lämpötasapainoa ja kloridiliuoksen säilyttämiseksi painehapetuspiirissä 23 niin paljon kuin mahdollista.

5 Kuten edellä todettiin, kuparia ei uuteta painehapetusvaiheessa 12, mutta se muutetaan liukenemattomaksi emäksiseksi kuparisuolaksi 12, Painehapetusvaiheeseen 12 syötettävä liuos, joka on uutosneste, joka on kierrätettävä suodatukselta 24, esitetään viitenumerolla 25. Vaikka kuparia on syöttöliuoksessa 25, kuparia ei uuteta enempää, se on, prosessi toteutetaan, 10 siten että kuparin pitoisuus syöttöliuoksessa 25 painehapetusvaiheeseen 12 on yhtä suuri kuin kuparin pitoisuus tuoteliuoksessa, joka on peräisin painehapetusvaiheesta 12. Tämä ilmaistaan seuraavasti: $\Delta[\text{Cu}^{2+}] = 0$.

15 Liuos 25, joka syötetään painehapetusvaiheeseen 12, sisältää noin kuparia noin 15 g litrassa ja kloridia 12 grammaa litrassa, yhdessä rikkihapon kanssa, jota on noin 30 - 55 g litrassa. Happo lisätään muodossa, joka muodostaa H_2SO_4 :a (tavallisesti 93 prosenttia). Painehapetusvaiheesta 12 saatu tuoteliuos 21 sisältää myös kuparia noin 15 ja Cl:a 11-12 grammaa 20 litrassa, mutta sen pH on noin kolme. Tuoteliuoksessa 21 ei ole jäljellä olennaisesti yhtään happoa, koska se kaikki on kulutettu painehapetusvaiheessa 12, jotta emäksinen kuparisuola muodostuu.

25 Kuten edellä viitattiin, nestesyöttö 25 painehapetusvaiheeseen 12 muodostuu osittain kierrätetyystä suodoksesta, johon on lisätty H_2SO_4 :a. Suodokseen lisätyn hapon välitön vaikutus on lisätä sellaisen suodoksen happamuutta, joka syötetään autoklaaviin paineuuttovaihetta 12 varten, mutta tärkeimmän vaiheen on yllättäen havaittu olevan sen, että hapon, tai tarkemmin sanottuna sulfaatti-ionien lisäys tukahduttaa itse asiassa rikasteesta ulos vuotavan rikin hapettumista painehapetusvaiheessa 12.

35 Kokeellisesti todettu rikin hapettuminen, jos yhtään happoa ei lisätä, on tyypillisesti noin 25 - 30 prosenttia rikasteen

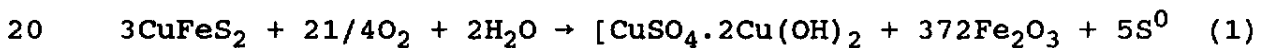
sisältämästä syöttörikistä, kuten on laita prosessissa, jota kuvataan US-patentissa 4 039 406. Jos happoa lisätään, on havaittu kuitenkin, että rikin hapettuminen sulfaatiksi vähenee noin viisi - kymmenen prosenttia. Tällä parannuksella on olennaisia, hyvää tekeviä vaikutuksia nestemetallurgiseen uuttoprosessiin. Rikin hapettuminen sulfaatiksi aiheuttaa lisäkustannuksia useilla tavoilla, kuten lisähappena, jota tarvitaan reaktioon, lisäreagenssina, jota tarvitaan neutra-

5
10
15

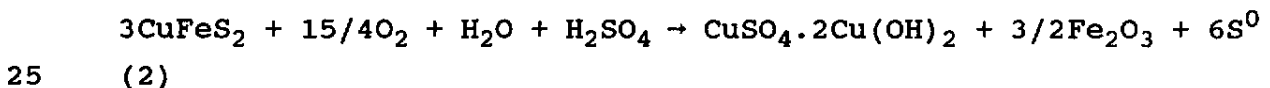
loimaan hapetuksen avulla näin muodostunut happo, ja täytyy olla mahdollisuus poistaa lämpö, joka johtuu rikin hapettumisesta sulfaatiksi, mikä on hyvin eksotermistä. Tämä rajoittaa itse asiassa autoklaavin, jossa uuttamisvaihe 12 toteutetaan, läpi kulkevan aineen määrää.

15 Hapon lisäyksen uskotaan muuttavan reaktion kemialla painehapetusvaiheessa 12 seuraavalla tavalla:

Ei hapon lisäystä



Hapon lisäyksen kera



Molemmissa reaktioissa kupari saostuu sellaisen emäksisen kuparisuolan muodossa, jonka on havaittu sisältävän enimmäkseen emäksistä kuparisulfaattia.

30

Ensimmäisessä reaktiossa ilmenee, että emäksisen kuparisulfaatin kupari lisätään hapettamalla rikasteen syöttörikki, kun taas toisessa reaktiossa ilmenee, että syötetään sulfaatti-ioneja hapossa, jota lisätään autoklaaviin, joten vältetään rikin hapettuminen sulfaatiksi. Toisessa reaktiossa tapahtuu täten sulfaatti-ionien kokonaiskulutus, jotta emäksistä kuparisuolaa muodostuu. Rikkihapon määrän, joka tarvitaan tukah-

35

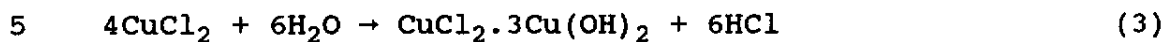
duttamaan rikin hapettuminen, on havaittu olevan noin 25 - 75 grammaa litrassa, rikasteen tyyppin ja sen kiinteiden aineiden prosenttimäärän mukaan.

5 Varsinaisessa koetyössä tapahtuu enemmän rikin hapettumista kuin on ennustettu kummallakaan reaktiolla. Ensimmäisen reaktion perusteella on ennustettavissa, että yhden kuudesosan eli 16,7 prosenttia rikistä on määrä hapettua, kun taas kokeellisesti prosenttimääräksi havaitaan 25 - 30. Kokeet ilmaisevat, 10 että hapen lisäyksen avulla noin 2 - 16 prosenttia rikistä hapettuu sulfaatiksi, pikemmin kuin, että hapettuminen olisi nolla, mikä olisi ennustettavissa, jos vain toinen reaktio sellaisena kuin se on kirjoitettu, olisi ainoa toteutuva reaktio. Sen tähden nämä reaktioyhtälöt eivät heijasta tarkasti, 15 mitä tapahtuu paineuuttovaiheessa 12, vaan ne ovat vain arvio.

Kloridia säilytetään painehapetuskierrrossa 23 niin paljon kuin mahdollista, mutta tyypillisesti noin 3 - 10 prosenttia kloridista häviää, siten että se pääsee suodatusvaiheen 24 kiinteään tuotteeseen. Kloridia täytyy täten täydentää lisäämällä HCl:a tai muuta kloridilähdettä, jotta syöttöliuoksessa 25 annetaan käyttöön 12 grammaa kloridia litrassa. Kloridihäviöt saatetaan vähimmilleen pesemällä kiinteitä aineita, jotka ovat peräisin painehapetusvaiheesta 12 suodattimella 24. Pesuveden määrää rajoittaa vaatimus, että veden tasapaino säilytetään painehapetuskierrrossa 23. Vesi häviää kierrosta 23 vain höyryssä 29, joka on peräisin paineenalennuksesta 22, ja suodatuksen 24 jälkeisessä suodatuskakussa.. Tästä syystä on tarvetta käyttää kierrätettyä liuosta, joka on peräisin veden poistokäsittelystä 28, rikasteen liettämiseksi jälkijauhtausvaiheessa 30 ja vähentää täten pienimmilleen uuden veden syöttö rikasteesta painehapetusvaiheeseen 12.

35 On havaittu, että on edullista säilyttää Cu:a ainakin 15 grammaa litrassa tuoteliuosta 21, joka on peräisin painehapetusvaiheesta 12, siten että kloridihäviö tasapainotetaan kiin-

teän emäksisen kuparikloridin $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$:n muodossa, jota voi esiintyä, jos liuoksessa on riittämättömästi kuparia, jotta sallitaan emäksisen kuparisulfaatin muodostuminen:



Tämä reaktio voidaan tasapainottaa, siten että autoklaviin lisätään riittävästi happoa painehapetusvaiheen 12 aikana, jotta liuoksessa säilytetään ainakin riittävästi kuparia, niin
10 että tyydytetään stökiometriset vaatimukset kuparille CuCl_2 :na. Cl:n määrälle, joka on 12 grammaa litrassa liuosta, Cu:n stökiometrinen määrä on seuraava:

$$15 \quad \frac{63,5}{71} \times 12 = 10,7 \text{ g/l Cu}$$

Täten Cu:n määrä 15 grammaa litrassa on turvallinen minimi kloridin merkittävän tappion estämiseksi emäksisen kuparisuolan muodossa.
20

Toisaalta tulisi pitää kuparin pitoisuus tuoteliuoksessa 21, joka on peräisin painehapetusvaiheesta 12, niin pienenä kuin mahdollista, jotta tehdään tehottomaksi CuS :n muodostuminen
25 alkuainerikin reaktiolla vesipitoisen kuparisulfaatin kanssa. Tämä reaktio voi tapahtua seuraavasti painehapetusvaiheen 12 aikana tai lietteessä, sen jälkeen kun se on poistettu autoklaavista mutta ennen suodatusvaihetta 24:



Tätä reaktiota ei toivota erityisesti, koska CuS ei liukene ilmakehässä toteutetun uuttamisvaiheen olosuhteissa, jotka ovat miedosti happamia. Kuparia ei saada täten talteen, ja
35 tästä on seurauksena, että lopullisessa jäännöksessä on kuparihäviötä.

CuS:n muodostumisen estämiseksi on välttämätöntä pitää kuparipitoisuus tuoteliuksessa niin pienenä kuin mahdollista, se on, joillekin rikasteille pienempänä kuin 30 grammaa litrassa. Taipumus muodostaa CuS:a liittyy ilmeisesti käsiteltävän rikasteen tyyppiin, siten että rikasteet, joiden laatu on keskimääräisestä erittäin korkealaatuiseen, ovat herkempiä CuS:n muodostumiselle. Vaikka kuparin suuri pitoisuus tuoteliuksessa 21 ei ole täten ongelma huonolaatuisilla rikasteilla, sitä ei voida sallia korkealaatuisilla rikasteilla.

10

Kuten tähän mennessä on tunnettua, korkealaatuiset rikasteet, se on, rikasteet, joissa on kuparia enemmän kuin 35 prosenttia, on parasta käsitellä, siten että tuoteliukseen 21 saadaan aikaan niin vähäinen kuparipitoisuus kuin mahdollista, sen on, pienempi kuin 25 grammaa Cu:ta litrassa.

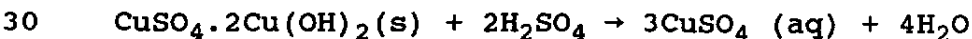
15

Kun esitetään, että Cu:n pitoisuus painehapetuskierron 23 liuksessa on tarpeen olla ainakin 15 g litrassa, hyvälaatuisien rikasteiden kuparipitoisuuden optimialue on 15 - 25 grammaa litrassa. Laadultaan keskimääräisillä rikasteilla yläraja voi venyä huomattavasti, ja huonolaatuisilla malmeilla kuparipitoisuus ei esitä mitään merkittävää roolia.

20

Painehapetussuodoksen 29 kuparipitoisuutta voidaan säätää yksinkertaisesti siten, että lisätään tarvittava määrä happoa syöttöliuokseen 25, joka menee painehapetusvaiheeseen 12. Suuremmassa kuparipitoisuudessa muodostuu seuraavalla tavalla enemmän happoa, siksi että emäksinen kuparisulfaatti liukenee:

25



30

Sellainen happomäärän lisäys, joka on noin yksi gramma litrassa, kasvattaa kuparipitoisuutta noin yhden gramman litrassa. Varsinainen happomäärä, joka tarvitaan, määritetään kokeellisesti, siten että verrataan painehapetusvaiheeseen 12 syötetyn liuoksen 25 ja mainitusta vaiheesta 12 saadun tuoteliuksen 21 analyysistä yhtälön $\Delta[\text{Cu}^{2+}] = 0$ toteuttamiseksi. Liuoksen tila-

35

vuus kierrossa 23 määritetään kuitenkin lämpötasapainon perusteella.

5 Kiinteiden aineiden painoprosentti kuparirikastelietesyötössä painehapetusvaiheeseen 12 voi vaihdella mielin määrin. Rikasteen kiinteän aineen syötön paino painehapetusvaiheeseen 12 määritetään talteen otettavan kuparin määränä. Liuoksen paino määritetään pääasiassa lämpötasapainon avulla painehapetusvaiheessa 12.

10

Haluttu toimintalämpötila painehapetusvaiheessa 12 on noin 150 °C, ja lämpö täytyy hankkia suureksi osaksi sulfidimineraalien ja hapen välisellä reaktiolla, suuressa paineessa, autoklaavissa muodostuvan lämmön avulla. Korkealaatuisille rikasteille, joita käsitellään prosessin toimintatavassa A, jota kuvattiin juuri, tämä tarkoittaa suhteellisen pientä suhdetta S:Cu ja täten vähäisempää lämmön tuottoa autoklaavissa käsiteltyä kuparitonnia kohti. Kehittyneestä lämmöstä suuri osa johtuu hapettumisesta, ei kuparista, vaan rikasteen kahdesta muusta 15 alkuaineesta, nimittäin raudasta ja rikistä. Jos rikaste on korkealaatuista, silloin suhteet S:Cu ja Fe:Cu ovat pienet, 20 sen tähden lämmön tuotto on pieni.

25

Jotta saavutetaan toimintalämpötila alkulämpötilasta, joka on sanoaksemme 50 - 80 °C, joka on tyypillinen lämpötila painehapetussuodokselle 29, joka kierrätetään suodatuksen 24 jälkeen, on tarpeellista säätää veden määrä, joka täytyy kuumentaa, koska se on pääasiallinen syy lämmön katoon painehapetusvaiheessa 12. On epäkäytännöllistä jäähdyttää tai lämmittää 30 lietettä autoklaavin sisäpuolella epäsuorin keinoin, kuten esimerkiksi kuumennus- tai jäähdytyskierukoilla nopean karstan muodostuksen takia kaikilla pinnoilla, erityisesti lämmönvaihtajilla, mikä johtaa erittäin huonoihin lämmönsiirto-ominaisuuksiin. Suora lämmitys tai jäähdytys suihkuttamalla 35 höyryä tai vettä on myös epäkäytännöllistä, mikä johtuu vesitasapainonäkökohdista. Sen tähden vaaditaan, että lämpötasapaino on pidettävä yllä, siten että lämmön tuotto reaktioläm-

möstä tasapainotetaan syöttömateriaalien, se on, kierrätettävän syöttöliuoksen 25 ja rikastelietteen lämpökapasiteetilla. Pääasiallinen muuttuja, jota voidaan säätää tässä, on syöttöliuoksen 25 tilavuus. Tämä on eräs piirteistä, jotka erottavat toimintatavat A:n ja B:n toisistaan. Prosessin toimintatavassa B, joka on vielä kuvattava, lämmön kehittyminen on paljon voimakkaampaa, kun se ilmaistaan lämpönä kuparituotteen tonnia kohti. Siksi on mahdollista käyttää suurempaa liuostilavuutta painehapetusvaiheeseen 12 toteutuvassa syötössä.

10

Kun kerran liuoksen tilavuudesta on sovittu, täytyy määrittää liuoksen happamuus hapon sellaisen kokonaismäärän määrittämiseksi, joka tarvitaan pitämään yllä yhtälö $\Delta[\text{Cu}^{2+}] = 0$. Korkealaatuisemmalle rikasteelle tarvitaan happoa normaalisti 35 - 55 grammaa litraa kohti.

15

On havaitu, että on hyödyllistä lisätä pieniä pitoisuuksia tiettyjä pinta-aktiivisia aineita, jotka muuttavat autoklaavissa painehapetusvaiheen 12 aikana nestemäisen alkuainerikin (S^0) fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia. Nestemäisen rikin viskositeettia ja myös sen kemialla autoklaavissa voidaan muuttaa pinta-aktiivisilla aineilla, kuten ligniinisulfonaatilla ja kerbatšolla, joita lisätään painehapetuksen syöttöliuokseen pieninä määrinä, se on, 0,1 - 3 grammaa litraa kohti.

20

25

Pinta-aktiivisten aineiden lisäykset voivat vähentää rikin hapettumista tavoilla, joita ei ymmärretä hyvin, mutta jotka ovat prosessille hyödyllisiä. Uskotaan, että tämä johtuu pienemmästä viskositeetista, jonka seurauksena nestemäisellä rikillä ja kiinteillä aineilla on vähäisempi taipumus kestää autoklaavissa, mikä pienentää näiden materiaalien viipymää, ja sen tähden vähentää rikin hapettumistaipumuksen esiintymistä.

30

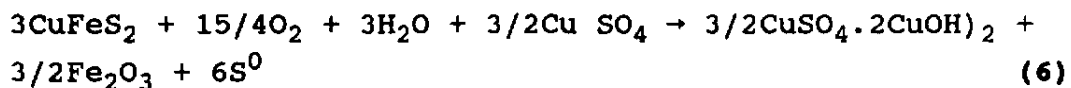
35

On havaittu myös, että jos pinta-aktiivisia aineita on lisätty, kuparimineraalit reagoivat täydellisemmin ilmeisesti siksi, että sellainen rikki, jonka viskositeetti on pienempi,

ei "kostuta" reagoimattomia rikkimineraaleja, ja se sallii täten, että haluttu reaktio tapahtuu täydellisesti.

5 Raektio (5) kuvaa, kuinka rikkihapon lisääminen painehapetus-
syöttöön 25 säätää kuparin pitoisuutta painehapetuksen suodok-
sessa 29. Painehapetuksen kokonaisreaktio, joka toteutetaan
lisäämällä rikkihappoa kuparikiisumalmia varten, esitetään
edellä reaktion (2) avulla.

10 Samanlainen reaktio voidaan kirjoittaa, siten että H₂SO₄:n
sijaan sulfidi-ionien lähteenä käytetään CuSO₄:a seuraavasti:



15

On huomattava, että reaktiossa (6) tarvitaan 3/2 moolia sulfaattia kuparisulfaattina verrattuna yhteen mooliin rikkihappoa reaktiossa (2). Jos CuSO₄:a on käytettävä sulfaatti-ionien lähteenä rikkihapon sijaan, on sen tähden tarpeellista käyttää 1,5 kertaa yhtä monta moolia CuSO₄:a. Tämän huomioon ottamiseksi keksijä on kehittänyt käsitteen sulfaattiekvivalenssin ylimäärä, joka sallii laskea, paljonko happea on lisättävä painehapetuksen syöttöliuokseen 25, jotta saavutetaan kuparipitoisuus, joka on tavoitteena, ja reaktio (6) otetaan lukuun.

20

25

Ottamalla lukuun reaktio (6), on mahdollista laskea "ensisijainen" tarvittava hapon määrä vakiolle kuparipitoisuudelle painehapetussuodoksessa 29. Käsite sulfaattiekvivalenssi on avuksi seuraavasti:

30

Sulfaattiekvivalenssin ylimäärä on yhtä suuri kuin sulfaatti, joka on saatavissa painehapetuksen syöttöliuoksessa 25 emäksisen kuparisulfaatin muodostumista varten painehapetusvaiheen 12 aikana. Saatavissa oleva sulfaatti on sulfaatti, jota on enemmän kuin CuSO₄:n ja CuCl₂:n määritetty perustaso.

35

CuSO₄:n ja CuCl₂:n perustaso on riittävä pitämään yllä liuoksen kloridipitoisuutta, joka on 12 grammaa litrassa CuCl₂:n muodossa, ja lisäksi Cu:n pitoisuutta 4,3 grammaa litrassa CuSO₄:na. CuCl₂:n pitoisuus, joka vastaa 12 grammaa kloridia liuoksessa, on $134,5/71 \cdot 12 = 22,7$ grammaa litrassa CuCl₂:a, joka sisältää Cu:a 10,7 grammaa litrassa liuosta. Lisäksi tuleva 4,3 grammaa kuparia litrassa liuosta tarkoittaa sen tähden kuparin kokonaismäärää 15 grammaa litrassa, yhteensä CuCl₂:a sekä CuSO₄:nä perustasolla.

10

Saatavissa oleva sulfaatti on sen tähden kokonaissulfaatti CuSO₄:na vähemmän kuin perustaso. Esimerkiksi jos kuparin kokonaispitoisuus on 28 grammaa litrassa painehapetuksen suodosta 29, silloin sulfaattia on saatavissa $28 - 15 = 13$ g/l Cu * $98/63,5 = 20$ g/l H₂SO₄:a saavissa olevana sulfaattina, joka on peräisin CuSO₄:stä.

15

Sulfaattiekvivalenssin ylimäärä (ESE) lasketaan sitten CuSO₄:stä saatavasta sulfaatista jakamalla se 1,5:llä seuraavasti:

20

$$\text{ESE} = \{\text{saatavissa oleva sulfaatti CuSO}_4\text{:na}\} / 1,5$$

Täten esimerkiksi, jos kuparin kokonaispitoisuus on 28 grammaa litrassa eli CuSO₄:sta saavissa olevaa sulfaattia on 20 grammaa litrassa, CuSO₄:stä saatu ESE:n arvo on $20/1,5 = 13,3$ g/l.

25

Lopuksi sanottuna, jos kohteena oleva happoekvivalentti on sanokaamme 52 grammaa H₂SO₄:a litrassa painehapetuksen syöttöliuoksessa 25, silloin tarvittavan hapon määrä on 52 vähennettynä ESE:n arvolla (13,3 g litrassa) eli 38,7 grammalla H₂SO₄:a. Tämä määrä täytyy lisätä syöttöliuokseen 25 painehapetusvaiheeseen 12, jotta saadaan aikaan vakio kuparipitoisuus painehapetuksesta saatuun suodokseen 29, se on, Cu:n perustaso 15 grammaa litrassa.

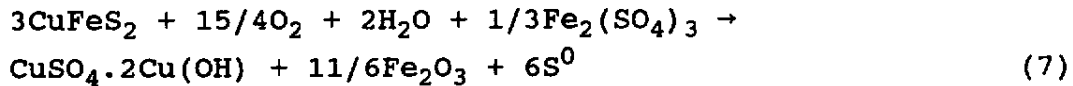
30

35

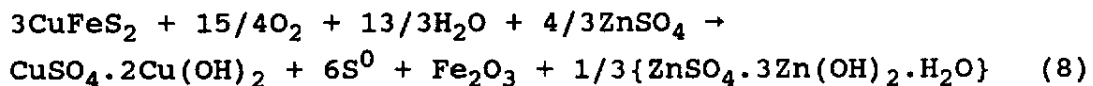
Muut reaktiot voidaan kirjoittaa, siten että sulfaatti-ionien lähteenä käytetään H₂SO₄:n sijaan Fe₂(SO₄)₃:a ja ZnSO₄:a.

ZnSO₄:n tapauksessa sinkin otaksutaan hydrolysoituvan emäkiksi sinkkisulfaatiksi ZnSO₄.3Zn(OH)₂:ksi, joka on Zn:n emäksinen suola yhdenmukaisesti emäksisen kuparisulfaatin kanssa. Nämä reaktiot esitetään seuraavasti reaktioina (7) ja (8).

5



10



15

20

Kiinteitä aineita, jotka saadaan painehapetusvaiheesta 12 suodatuksen 24 jälkeen, käsitellään uuttovaiheessa 14, joka toteutetaan ilmakehän paineessa, pH:ssa noin 1,5 - 2,0, siten että emäksisen kuparisulfaatin liuottamiseen käytetään hapanta raffinaattia, joka saadaan primaarisesta uuttamisvaiheesta 16. Uuttamisvaihe 14 tapahtuu noin 40 °C:n lämpötilassa viipymän, joka on noin 15 - 60 minuuttia. Kiinteiden aineiden prosenttimäärä on normaalisti noin 5 - 15 prosenttia eli noin 50 - 170 grammaa litrassa, vaikka on mahdollista toteuttaa prosessi tämän alueen ulkopuolella.

25

Ilmakehässä tapahtuvan uuttamisvaiheen 14 aikana emäksiset kuparisuolat liukenevat lähes täydellisesti, siten että liuokseen menevässä rikasteessa on erittäin vähän rautaa.

30

35

Uuttoneste 33, joka saadaan aikaan nesteen tai kiinteän aineen erotuksen 34 jälkeen, sisältää tyypillisesti kuparia noin 10 - 20 grammaa litraa kohti, syöttöön 14 käytettyjen kiinteiden aineiden mukaan, ja rautaa siinä on 0,1 - 1,0 ja kloridia noin 0,1 - 1,0 grammaa litrassa. Paljon tästä raudasta ja kloridista paljon on peräisin syöttöraffinaatista 37 pikemmin kuin kiinteistä aineista, jotka ovat peräisin painehapetuksesta, se on, ne on kierrätetty. Läpiajtoa kohti liukenee tyypillisesti noin 0,1 - 0,2 grammaa rautaa ja kloridi litraa kohti.

Kuparin uuton on havaittu olevan noin 95 - 98 prosenttia painuuttovaiheeseen toteutetun alkuperäisen syötön perusteella laskettuna. rautaa on havaittu uutetun liuokseen vähemmän kuin yksi prosentti.

5

Liete 31, joka saadaan ilmakehässä toteutetusta uuttovaiheesta 14, on vaikeaa, joskaan ei mahdotonta, suodattaa, mutta se laskeutuu hyvin. Kun on tarvetta pestä uuton kiinteät aineet erittäin hyvin, sitä varten liete on pumpattava vastavirtadekantoinnin (CCD) pesukiertoon, mikä esitetään symbolisesti kiinteän aineen tai nesteen erottumisena 34 kuviossa 1. CCD-kierrossa 34 syötetään kiinteät aineet sakeutuslaitteiden sarjan läpi ja lisätään samalla vettä vastakkaisessa suunnassa.

15

Tällä tavalla pestään kiinteät aineet ja mukana kulkeutunut liuos poistetaan. Jotta sekoittuneen nesteen määrä vähennetään lopullisessa jäännöksessä pienemmäksi kuin 100 ppm Cu:ta, tarvitaan noin kolmesta viiteen sakeutuslaitetta sekä pesusuhte (veden suhde kiinteisiin aineisiin), joka on noin viidestä seitsemään.

20

Sakeutuslaitteen alite viimeisestä sakeutuslaitteesta on lopullinen jäännösvirta, jossa kiinteiden aineiden pitoisuus on 50 prosenttia. Tätä voidaan käsitellä kallisarvoisten metallien, kuten kullin ja hopean, talteenottoa varten tai lähettää rikastusjätteisiin. Kallisarvoiset metallit voidaan ottaa talteen tunnettujen menetelmien avulla, kuten syanoinnin avulla. Virran 35 pääainesosat ovat hematiitti ja alkuaine rikki, joka voidaan ottaa talteen vaahdotuksen avulla, jos markkinointiolosuhteet antavat aihetta.

30

Sakeutuslaitteen alite, joka on peräisin ensimmäisestä sakeutuslaitteesta, on tuoteliuos 33, joka syötetään alkuperäiseen liuotinuuttovaiheeseen 16 esitetyllä tavalla. Tämä liuos sisältää Cu:a noin 12, Cl:a noin yhden ja Fe:a 0,5 grammaa litrasa. Optimi kuoaripitoisuus määritetään liuotinuuttovaiheen 16

35

kyvyllä uuttaa suurin mahdollinen kuparimäärä liuoksesta 33. Koska liuotinuuttovaiheesta 16 peräisin olevan raffinaatin noin yhden kolmasosan suuruinen fraktio mahdollisesti neutraloidaan, on tärkeää pienentää tämän raffinaatin kuparipitoisuus vähimmilleen.

5
10
15
20
25
Liuotinuutto toteutetaan parhaiten laimeilla kupariliuoksilla, mikä johtuu siitä, että väkevöity kupariliuos antaa tulokseksi raffinaatin suuremman happopitoisuuden, jolla on taipumus alempaan uuttamistehokkuuteen. Väkevöidymmät liuokset ovat kuitenkin edullisempia käsitellä pääomakustannusten kannalta tarkastellen, koska tilavuus on pienempi. Tietyn pisteen yläpuolella lisääntynyt pitoisuus ei tosin vähennä liuotinuuttoyksikön kokoa, koska (i) on olemassa suurin mahdollinen orgaaninen kuormitus ja (ii) veden tilavuus pidetään yleensä yhtä suurena kuin orgaanisten aineiden tilavuus vesikierron avulla toteutettavaa sekoitusta varten. Orgaanisen uuttoaineen ja vesiliuoksen kokonaistilavuus määritetään sen tähden orgaanisen uuttoaineen tilavuuden perusteella. Suurimman mahdollisen orgaanisen kuormituksen ja sen tähden orgaanisen aineen tilavuuden määrää tietyn valitun orgaanisen liuottimen pitoisuus ja ominaisuudet. Tyypillistä liuotinta, esimerkiksi LIXTM-reagenssia varten, joka on Hempel-yhtiöltä, maksimi kuormitus läpiajoa varten on 40 tilavuusprosentin pitoisuudessa, laimentimessa, noin 12 grammaa Cu:a litrassa. Tuoteliuoksen 33 pitäisi sen tähden sisältää Cu:a noin 12 grammaa litrassa.

30
35
Kupari uutetaan tuoteliuoksesta 33, joka on peräisin CCD-sakeutuslaitteen ylitteestä, uuttamisen kahdessa vaiheessa, alkuperäisessä liuotinuuttovaiheessa 16, jotta saadaan aikaan raffinaatti 37, jossa on vapaata happoa noin 20 grammaa litrassa ja Cu:a noin 0,3 - 1 grammaa litrassa. Suurin osa tästä raffinaatista kierrätetään ilmakehässä toteutettavaan uuttovaiheeseen 14, mutta noin 25 - 30 prosenttia on liikää ilmakehässä toteutettavan uuttamisvaiheen 14 happovaatimuksille, ja se täytyy neutraloida. Tämä liikämäärä 121 hajotetaan, kuten esitetään kohdassa 36, ja se neutraloidaan

Neutralointi saadaan aikaan kahdessa vaiheessa, jotta kuparin taaleteenotto saatetaan suurimmilleen ja estetään mahdolliset ympäristöongelmat neutralointijäännöksellä, mikä johtuu kuparisäällöstä, se on, sellainen kupari, jota ei ole saatu takaisin raffinaatista 37, saostuu neutraloitaessa, ja se voi liueta sitten uudelleen esimerkiksi jätteiden laskeuma-altaassa.

Ensimmäisen vaiheen neutralointi tapahtuu pH-avossa, joka on kahdesta kolmeen, kuten esitetään kohdassa 38, siten että käytetään kalkkikiveä, joka on erittäin taloudellinen reagenssi sammuttamattomaan kalkkiin verrattuna. Neutralointituote suodatetaan kohdassa 40 ja saadut kiinteät aineet pestään vedellä, joka on peräisin ulkopuolisesta lähteestä 45. Kiinteät aineet, jotka ovat pääasiallisesti kipsiä, heitetään pois, kuten esitetään kohdassa 41.

Suodos 39 siirretään sitten myöhempään liuotinuuttovaiheeseen 18 jäännöksenä olevien kupariarvojen talteenottoa varten. Myöhempi liuotinuutto hyötyy pääasiallisesta neutraloinnista 38 ja antaa myöhemmässä raffinaatissa 43 tulokseksi erittäin vähäisen kuparipitoisuuden, joka on noin 0,03 - 0,06 grammaa Cu:a litrassa.

Kuten esitetään katkoviivoin kuviossa 1, myöhempi liuotinuuttovaihe 18 käyttää samaa orgaanista uuttoaainetta kuin tärkein liuotinuuttokierros 16. Tämä on sidottu myös painehapetus-suodoksen vedenpoiston 26 liuotinuuton 27 kanssa. Orgaaninen uuttoaaine, joka pestään vaiheessa 42 pesuvedellä 122, joka on peräisin ulkopuolisesta lähteestä 45, ja tislataan seoksesta kohdassa 44, kierrätetään toissijaiseen liuotinuuttovaiheeseen 18 ja sitten sen annetaan kulkea tärkeimpään uuttovaiheeseen 16. Höyrystetty orgaaninen aine 125 hajotetaan, jotta siitä osan annetaan kulkea liuotinuuttoon 27. Viimeksi mainitusta uutosta saatu raffinaatti lisätään ladattuun orgaaniseen aineeseen 123, joka on peräisin liuotinuutosta 16 ennen pesua 42. Pesuveden 47, joka on peräisin pesusta 42, annetaan siir-

tyä painepesusuodattimelle 24, jotta se toimii syöttöpesuvetenä suodattimelle 24. Saatu pesusuodos lisätään painehapetus-suodokseen 29, ja täten otetaan talteen kupari ja kloridi, jota on liuotinuuttopesuvedessä (47).

5

Raffinaatti 43, joka on peräisin myöhemmästä liuotinuuttovaiheesta 18, neutraloidaan jälleen myöhemmässä neutralointivaiheessa 46, tällä kertaa pH 10:ssä, ja se suodatetaan kohdassa 48, jotta poistetaan kaikki liuenneet raskasmetallit, saadaan
10 aikaan liuos 51, jota käytetään pesuvetenä CCD-kierrossa 34 lopullisen uuttamistähteen 35 pesua varten. Suodatuksesta 48 saatu kiinteä jäännös heitetään pois, kuten esitetään kohdassa 53.

15 Panostetun ja pestyn orgaanisen aineen tislauksen seoksesta vaiheessa 44 saadaan aikaan käytetyn hapon tai elektrolyytin 55 avulla, joka on peräisin elektrolyyttisestä rikastusvaiheesta 20, jotta saadaan puhdas kuparisulfaattiliuos tai jalometallipitoinen elektrolyytti 57, joka lasketaan sitten
20 elektrolyyttiseen rikastusvaiheeseen 20, joka toteutetaan tavanomaisesti.

Voidaan nähdä, että prosessissa kierrätetään kaikki liuosvirrat, eikä siitä ole peräisin mitään liuotuspoisteita. Prosessista heitetään pois vain kiinteitä tähteitä.
25

Toimintatapa B

Kuvio 2 on toimintatavan B prosessikaavio. Käytetään samoja viitenumeroita osoittamaan prosessin vaiheita tai asteita, jotka vastaavat kuvion 1 mukaisen aiemman sovellusmuodon vaiheita tai asteita. Painehapetusvaihe ilmaistaan esimerkiksi jälleen numerolla 12, ilmakehässä toteutettava uuttovaihe 14:llä, elektrolyyttinen rikastusvaihe 20:llä, rikkidioksidin poistosäiliö(t) 22:lla, painehapetussuodatus 24:llä, painehapetussuodoksen 29 vedenpoistokäsittely viitenumerolla 28,
30
35

hienontamisvaihe viitenumerolla 30 ja CCD-pesukierto viitenumerolla 34.

5 Prosessin tässä toimintatavassa painehapetus 12 toteutetaan, jotta syöttörikasteeseen sisältyvästä kuparista suurin osa hapetetaan ja uutetaan liuokseen. Kuparista uutetaan liuokseen tyypillisesti noin 85 - 90 prosenttia, siten että vain noin 10 - 15 prosenttia jää jäännökseen emäksisenä kuparisulfaattina.

10 Painehapetusvaiheen 12 olosuhteet autoklaavissa ovat samankaltaiset kuin prosessin toimintatavassa A, paitsi että kiinteiden aineiden prosenttimäärä on pienempi, esimerkiksi 150 - 225 grammaa litrassa.

15 Prosessin tässä toimintatavassa $\Delta[\text{Cu}^{+2}]$ on tyypillisesti 30 - 40 grammaa Cu:a litrassa, se on, kuparipitoisuus on suurempi tuoteliiuoksessa 21, joka saadaan painehapetusvaiheesta 12. Viimeksi mainitun vaiheen syöttöliuos (25) sisältää tyypillisesti 10 - 15 grammaa Cu:ta ja 12 grammaa Cl:a litrassa, yhdessä noin 20 - 30 gramman kanssa rikkihappoa litrassa.

20 Tässä toimintatavassa ei lisätä ulkopuolisista lähteistä yhtään rikkihappoa painehapetusvaiheeseen 12, kuten tehdään kuvion 1 mukaisessa sovellusmuodossa. Tässä toimintatavassa happo saadaan prosessissa tapahtuvasta kierrosta, se on, kierrättämällä painehapetusvaiheen suodosta 29. Tuoteliiuos 21, joka saadaan painehapetusvaiheesta 12, sisältää noin 40 - 50 grammaa Cu:a ja 11 - 12 grammaa Cl:a litrassa, pH:ssa, joka on noin 2 - 2,5.

30 Painehapetusvaiheesta 12 tuotenesteeseen 21 uutettua kuparia pitää säätää, jotta saadaan haluttu kuparin jakautuminen nesteeseen (85 - 90 prosenttia) ja jäännöksen (10 - 15 prosenttia) välille. Tämä jakaantuminen antaa pienen mutta tärkeän määrän emäksisiä kuparisulfaattikuiva-aineita uuttojäännökseen. Emäksisen kuparisulfaatin läsnäolon sopiva osoitin on pH, koska mainittu sulfaatti on puskuroiva aine. Liuoksen sellainen pH-alue voimakkaassa kuparisulfaattipitoisuudessa,

35

joka on 2 - 2,5, ilmaisee emäksisen kuparisulfaatin. pH 2:n alapuolella kaikki emäksinen kuparisulfaatti liukenee, kun taas pH 2,5:n yläpuolella muodostuu liian paljon emäksistä kuparisulfaattia, ja puuttuva kupari on löydettävissä todennäköisesti liuoksesta 21.

Säätelyn tärkein menetelmä on hapon määrä painehapetusvaiheeseen 12 syötettävässä nesteessä 25. Hapon tasoa säädellään vuorostaan liuottimella toteutetusta painehapetussuodoksen uutosta saadun raffinaatin 29 neutralointiasteella, jota kuvataan myöhemmin. Tavallisesti noin 25 - 50 prosenttia haposta täytyy neutraloida, sen mukaan, mikä on tarvittavan hapon määrä.

Painehapetusvaiheen 12 aikana tuotettu happo vaihtelee rikasteesta toiseen ja käytettyjen olosuhteiden mukaan. Jos rikaste tuottaa suuren määrän happoa painehapetusvaiheen 12 aikana, silloin syöttöliuos 25 tarvitsee vähemmän happoa, jotta saavutetaan haluttu tulos. Kuparin vähimmäismäärä (rikastesyötöstä), jonka pitäisi mennä nesteeseen 21, on noin 10 prosenttia. Kymmenen prosentin alapuolella pH putoaa riittävän alas, niin että raudan pitoisuudet lisääntyvät nopeasti painehapetussuodoksessa 29. Rautaa on normaalisti noin 10 - 50 ppm, mutta jos pH on pienempi kuin kaksi ja jäännöksen emäksinen kuparisulfaatti häviää, silloin raudan määrä voi lisääntyä melko nopeasti yli yhden gramman litrassa. Tämä ei ole toivottavaa, koska epäpuhtautena on useita alkuaineita, kuten As ja Sb, jotka poistuvat liuoksesta vain samanaikaisesti raudan kanssa. Raudan puuttuminen liuoksesta on sen tähden hyvä tae siitä, että painehapetussuodoksessa on vähän epäpuhtautta. Rauta on myös itse epäpuhtaus, jota täytyy välttää elektrolyytin rikastuspiirissä 20 sikäli kuin on mahdollista.

On kuitenkin toinen tekijä, joka ilmenee suurimmillaan, kun kuparia on liuoksessa. On yllättäen havaittu, että tietyt rikasteet uutetaan varsinaisesti täydellisemmin, jos kuparipitoisuus on alhainen. Tämän uskotaan johtuvan joko sekundaari-

sen CuS:n muodostumisesta, kuten edellä kuvattiin, tai jostain muusta ilmiöstä, joka liittyy primaarisen mineraalin kupari-kiisun huonoihin hapettumisominaisuuksiin liuoksissa, joiden kuparipitoisuus on suuri. On havaittu, että alkuaine rikki, jota tuotetaan reaktiossa painehapetusvaiheessa 12, voi päällystää tai itse asiassa kapseloida reagoimattomat kupari-kiisupartikkelit ja estää reagenssien pääsyn. Tästä on tuloksena kuparin huono talteenotto. Ilmiö korostuu ilmeisesti, kun kuparin määrät ovat suuret liuoksessa. Se voidaan voittaa tai sitä voidaan lieventää pinta-aktiivisten aineiden käytöllä, kuten edellä kuvattiin. Ongelma on vakavampi joidenkin rikasteiden yhteydessä, erityisemmin hyvälaatuisilla kuin muilla. Sen tähden on näiden rikasteiden suhteen toivottavaa rajoittaa kuparin pitoisuutta painehapetussuodoksessa (se on, enemmän kuin noin 95 prosenttia) kauttaaltaan. Tämän toteuttamiseksi on tarpeellista, että kuparia on ollennainen osa emäksisena kuparisulfaattina, se on, kiinteänä tähteenä, joka on peräisin painehapetusvaiheesta 12 pikemmin kuin painehapetussuodoksesta. Normaalisti kiinteät aineet ovat vastuussa 20 - 40 prosentista kuparia, jos on tarpeellista pitää kuparipitoisuutta riittävän pienenä, jotta saadaan suuri kuparin talteenotto.

Korkealaatuisilla rikasteilla on ongelmana se, että kuparia saadaan vähän talteen ja sitä on paljon liuoksessa. Kiinteiden aineiden täytyy olla sen tähden vastuussa kuparin lisääntyvästä osuudesta, kun laatu paranee. Kolmella erilaisella rikasteella toteutetut kokeet valaisevat tätä suhdetta seuraavasti:

30

35

Rikaste#	%Cu	H ⁺ /Cu	Cu:n jakaantuminen		
		Molaari- nen	PO-neste	PO-tähde	Koko- nais- takai- sin- saanto
1	41	0,55	0	100	97,3
2	28	0,70	63	37	95,7
3	22	0,96	85	15	94,7

5

Molaarisen suhteen H⁺/Cu katsotaan johtuvan H⁺:sta, jota on happosyötössä, ja Cu:n katsotaan johtuvan syöttörikasteen sisältämästä kuparista. Syöttöhapon sisältämänä H⁺:na pidetään kaikkia protoneita, jotka ovat saatavissa, kun happo dissosioituu täydellisesti, vaikkakaan happo ei ole täydellisesti dissosioitunut vallitsevissa olosuhteissa. Taulukossa esitetty H⁺ on optimitaso, jonka on havaittu kokeellisesti antavan parhaat tulokset.

15

Rikasteelle #1, joka oli laadultaan parhain, valittu prosessi on toimintatapa A, jossa kaiken kuparin ilmoitetaan johtuvan suolavesiuutteesta ja $\Delta[\text{Cu}^{2+}] = 0$.

20

Rikasteelle #2, joka on laadultaan keskimääräinen, valittiin toimintatapa B, mutta olennaisen määrän kuparia ilmoitetaan johtuvan kiinteästä emäksisestä kuparisulfaatista. Tämä saavutettiin, siten että suhde H⁺/Cu pidettiin riittävän alhaisena, niin että kaikki kupari liukeni nesteeseen.

25

Rikasteelle #3, joka on laadultaan huonoin, valittiin myös toimintatapa B, mutta tässä tapauksessa vähimmäismäärä kuparia, jonka ilmoitettiin johtuvan jäännöksestä, saavutettiin säätämällä suhde H⁺/Cu riittävän suureksi.

30

Painehapetuksesta 12 saatu jäännös uutetaan (14) raffinaatilla 37, joka palautuu liuotinuutosta 16, joka toteutetaan laimella hapolla pitoisuudessa, joka on kolmesta kymmeneen grammaan H_2SO_4 :a litrassa. Koska suurimman osan kuparia, joka on peräisin painehapetusvaiheesta 12, ilmoitetaan johtuvan painehapetus-
5 tussuodoksesta 29 ja vain pienestä fraktiosta painehapetusjäännöstä, saatu uutteneste 31, joka on peräisin ilmakehässä toteutetusta uuttamisesta 14, on jokseen laimea kuparin suhteen. Tämä tuottaa vuorostaa laimean raffinaatin liuotinuutosta 16. Ilmakehässä toteutetun uuton nesteessä 31 on kuparia
10 kolmesta seitsemään ja rautaa 0,2 - 0,5 grammaa litrassa.

Liete, joka on peräisin ilmakehässä toteutetusta uuttovaiheesta 14, on vaikea suodattaa, kuten oli laita toimintatavan A
15 suhteen. Nesteen tai kiinteän aineen hyvä erottuminen ja pesu voidaan saavuttaa kuitenkin kuten aiemmin, siten että käytetään sarjaa sakeuttamislaitteita CCD-järjestelyissä 34. Raffinaatilla saadaan aikaan pesuvesi 51 liuotinuutosta 16, joka neutraloidaan, kuten osoitetaan kohdassa 46. Tämä on samanlainen kuin toimintatapa A. Pääero on liuoksen 33 pienempi metallipitoisuus sekä vähennetty tilavuus.
20

Liuos 33, joka on saatu aikaan ilmakehässä toteutetulla uuttovaiheella 14, saatetaan liuotinuuttoon 16. Kuparia sisältävä
25 liuos 29, joka on peräisin painehapetusvaiheesta 12, uutetaan liuottimella vaiheessa 50. Siksi on olemassa kaksi liuotinuuttovaihetta, se on 16 ja 50, jotka käsittelevät vastaavasti nesteiden 33 ja 29 kahta erilaista virtaa. Keksinnön mukaisen prosessin piirteenä on, että orgaaninen uute, jota on käytetty
30 tehostamaan liuotinuuttotoimenpiteitä, on yhteinen molemmille liuotinuutoille 16 ja 50.

Kuten esitetään kuviossa 2, tislattu orgaaninen aine 125, joka on peräisin yhteisestä tislaustoimenpiteestä 44, saatetaan
35 ensin liuotinuuttopiiriin 16, jonka kuparipitoisuus on pienin vesisyöttövirrassa 33 ja joka tarvitsee sen tähden orgaanisen

uuteaineen, jotta kuparipitoisuus on mahdollisimman pieni panostuksessa, jonka tulee on tehokas.

5 Panostettu orgaaninen aines 126 liuotinuutosta 16 lähetetään
sitten liuotinuuttoon 50, jossa se on kosketuksissa nesteen 29
kanssa, jonka kuparipitoisuus on suuri. Liuotinuuton 50 ei
tarvitse välttämättä saavuttaa suurta uuttosuhdetta, koska
tämä uutosta saatu raffinaatti 63 kierrätetään painehapetus-
vaiheeseen 12, kuten on esitetty. Toisaalta raffinaatti 37,
10 joka on peräisin liuotinuutosta 16, kierrätetään vain osittain
ja osa neutraloidaan (46), jotta ylimäärä happoa poistetaan
kierrosta. Sen tähden on tärkeää saavuttaa hyvä talteenotto
liuotinuutosta 16.

15 Raffinaatti 37, joka on peräisin liuotinuutosta 16, jaetaan
kuten toimintatavassa A, siten että noin yksi kolmasosa 121
saatetaan neutralointiin 46 ja kaksi kolmasosaa 120 kierräte-
tään ilmakehässä toteutettavaan uuttamisvaiheeseen 14. Tärkeä
ero toimintatapaan A verrattuna on, että raffinaatissa 37,
20 joka on peräisin liuotinuutosta 16, on riittävän vähäinen
määrä kuparia, se on vähemmän kuin 100, niin että ei tarvita
välttämättä toista liuotinuuttovaihetta ennen neutralointia
46, kuten oli laita toimintatavassa A. Tämä johtuu vähäisestä
kuparipitoisuudesta ja liuostilavuudesta, mikä sallii, että
25 liuotinuutto 16 on paljon tehokkaampi.

Panostettu orgaaninen aine 65, joka on saatu aikaan kahdella
liuotinuuttotyövaiheella 16, 50, jotka on toteutettu sarjana,
pestään kahdessa vaiheessa vastavirtamenettelyssä, laimean
30 hapon vesiliuoksella 122, kuten osoitetaan kohdassa 42. Tämä
toteutetaan ensisijaisesti mukana kulkeutuneen vesiliuoksen
poistamiseksi panostetusta orgaanisesta aineesta 65 ja erityi-
sesti kloridipitoisuuden vähentämiseksi, ennen kuin orgaaninen
aines menee tislaukseen kohdassa 44. Tarvittavan veden määrä
35 on noin yhdestä kolmeen prosenttiin orgaanisen aineen tilavuus-
desta. Aikaansaatu, tuloksena oleva pesuneste kierrätetään
hapetusvaiheeseen 12.

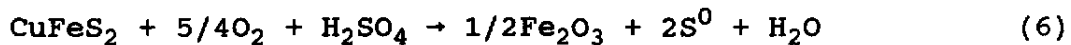
Pesty orgaaninen aines 69 tislataan kohdassa 44 sellaisen käytetyn elektrolyytin 55 kanssa, joka on saatu vaiheesta 20, jossa metalli on erotettu malmista elektrolyysin avulla, jotta on saatu puhdas kupariliuos tai jalometallipitoinen elektrolyytti tavanomaista elektrolyyttirikastusta varten.

Raffinaatti 63 jaetaan kohdassa 70 kahteen jako-osaan 72, 74, kuten vaadittu molaarinen suhde H^+/Cu määrää. Osuus 72 kierrätetään painehapetusvaiheeseen 12. Jako-osa 74 neutraloidaan pH 2:ssa kalkkikivellä kohdassa 76 ja suodatetaan (78). Kiinteää jäännös pestään ja heitetään pois, kuten osoitetaan kohdassa 80. Suodos 82 kierrätetään jako-osan 72 kanssa, jotta syöttöliuos 25 muodostuu painehapetusvaihetta 12 varten.

Prosessin uusi piirre on sen tähden, että käytetään yhteistä orgaanista ainetta kuparin uuttamiseksi kahdesta erillisestä, vettä sisältävästä syöttönesteestä. Tämä saa aikaan huomattavia säästöjä pienempinä pääoma ja käyttökustannuksina liuotinuuttopiireissä. Se tekee myös mahdolliseksi käyttää runsaita määriä vettä ilmakehässä toteutettavassa CCD-uuttopiirissä, niin että lopullisen tähteen pesutulos on hyvä ja kupari saadaan vielä talteen tällaisesta laimeasta nesteestä.

On havaittu, että rikin hapettumisen aste painehapetusvaiheessa 12 on erittäin suurelta rikastetyypin, kuten rikasteen laadun ja mineralogian, sekä painehapetusvaiheen 12 olosuhteiden mukainen. Tietyillä rikasteilla rikkiä hapettuu, se on rikasteen rikkiä hapettuu sulfaatiksi, olennaisesti enemmän, ja ilmiö on erityisesti tunnusomaista huonolaatuisille rikasteille, joissa on kuparia vähemmän kuin 28 painoprosenttia. Keksijä on havainnut, että tämän muuntelun merkitsevyys ei ole niinkään itse kuparin laatu rikasteessa suhde kupari:rikki. Rikasteen pääasialliset epäpuhtausalkuaineet ovat rauta ja rikki, mikä johtuu siitä seikasta, että kuparimalmit koostuvat tavallisesti kuparikiisusta yhdessä muiden mineraalien, erityisesti pyriitin FeS_2 :n tai pyrroliitin FeS :n kanssa.

Prosessin toimintatapa B koskee ongelmaa, joka on tarvittavaa suuremman tikkimäärän hapettuminen hapetusvaiheessa 12, kun käytetään huonompilaatuisia rikasteita liuottamalla hitaasti 90 prosenttia kuparia ja pienentämällä vähimmilleen emäksisen kuparisulfaatin määrän. Reaktio on kuparikiisulle seuraava:



Painehapetusvaiheesta 12 täten saatu suodos 29 sisältää suuria määriä kuparisulfaattia, ja tätä käsitellään liuotinuuttovaiheessa 50, jotta saadaan aikaan kuparisulfaattiliuos, joka menee elektrolyyttiseen rikastusvaiheeseen 20.

Viitataan kuvioon kolme (3), jossa esitetään hydrometallurginen prosessi sinkin uuttamiseksi kuparin lisäksi. Prosessissa käytetään samoja viitenumeroita osoittamaan asteita tai vaiheita, jotka vastaavat aiempien sovellusmuotojen vaiheita tai asteita.

Rikaste jauhetaan uudelleen (30), kuten on laita aiemmissä sovellusmuodoissa.

Sinkki-kuparisekarikasteen painehapetus toteutetaan samalla tavalla kuin rikasteelle, joka sisältää vain kuparia, kuten kuviossa kaksi (2).

Sinkki hapettuu helposti ja helpommin kuin kupari, ja se menee todennäköisemmin uuttonesteeseen 20 vastakohtana painehapetustähteelle. Tämä tapahtuu siksi, että sinkki ei hydrolysoidukaan niin herkästi emäksisenä sinkkisulfaattina kuin kupari, se on korkeammassa pH:ssa.

Liuoksen suuret malmipitoisuudet eivät ilmeisesti estä kuparin tai sinkin talteenottoa, kuten havaittiin suurilla kuparipitoisuuksilla. On mahdollista sen tähden, että suurin osa kuparista ja sinkistä menee painehapetussuodokseen 29, se on, kuten prosessin toimintatavassa B. Rikin hapettuminen on

vähäistä, niin että painehapetusvaiheessa 12 tuotetun hapon määrä on vähäinen. Sen tähden suuren $H^+ : Cu$ -suhteen saamiseksi on välttämätöntä kierrättää käytännössä kaikki happo, joka on peräisin uuttovaiheesta 12, siten että neutraloidaan mahdollisimman vähän. Syötetyn hapon määrä voi olla niin suuri kuin 75 grammaa H_2SO_4 :a litrassa kuparin määrän ollessa noin kymmenen grammaa, Zn:n viisi grammaa ja Cl:n 12 grammaa litrassa.

Painehapetussuodos 29 sisältää sekä sinkkiä että kuparia olennaisina pitoisuuksina koostumuksen syöttörikasteen mukaan. Rikasteelle, jossa on 20 prosenttia kuparia ja viisi prosenttia Zn:ä, painehapetussuodos 29 voi sisältää noin 50 grammaa Cu:a, 15 grammaa Zn:ä ja 12 grammaa Cl:a litrassa.

Painehapetusjäännös uutetaan (14) samalla tavalla käyttämällä raffinaattia, joka on peräisin liuotinuutosta 16, kuten esitettiin, mikä tuottaa Cu-Zn-seosliuoksen syöttöä varten, joka toteutetaan liuotinuuttopiireihin. Ensin uutetaan sinkki, sitten kupari.

20

On kaksi vesivirtaa, jotka on käsiteltävä liuotinuutolla kuten prosessin toimintatavassa B kuparirikasteiden suhteen. Painehapetussuodos 29 sisältää suuria Cu:n ja Zn:n metallipitoisuuksia, kun taas ilmakehässä toteutetusta uutosta saadussa liuoksessa on molempia alkuaineita vähän.

25

Uusi järjestely, joka on hahmoteltu liuotinuuttopiirille, kuten edellä kuvatuille sovellusmuodoille, jatkuu sinkin liuotinuuton suhteen, toisin sanoen, laimea neste saatetaan kosketuksiin ensin orgaanisen uuttoaineen kanssa, jota voimakas vesipitoinen neste seuraa. Tässä tapauksessa on olemassa kaksi kiertoa, yksi sinkille ja yksi kuparia varten.

30

On mahdollista uuttaa kupari ensin, sitten sinkki, orgaanisen uuttoaineen ja sen suhteellisen affiniteetin mukaan, joka sillä on kahta alkuainetta kohtaan. Tämän keksinnön tekijä on havainnut, että voidaan saada tyydyttäviä tuloksia, siten että

35

käytetään DEHPA:ta (dietyyliheksyylifosforihappoa) ensimmäisenä uuteaineena, joka on selektiivinen sinkille enemmän kuin kuparille. Sen tähden toteutetaan kaksi uuttamista 100 ja 102, ensimmäinen uuttaminen 100 kohdistuu laimeaan nesteeseen 33 ja
5 toinen uuttaminen 102 toteutetaan väkevämmälle nesteelle 29, joka on peräisin painehapetusvaiheesta 12, jotta saadaan talteen sinkki ja kuparimäärä jätetään liuokseen.

Sinkin uuttamista DEHPA:lla vaikeuttavat huonot uuttamisominaisuudet, silloin kun suuria happopitoisuuksia on läsnä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että uuttamisteho loppuu noin pH 1,4:ssä tai H₂SO₄-pitoisuudessa, joka on noin seitsemästä kymmeneen grammaa litrassa. Tämän ongelman jakamiseksi sinkin liuotinuuttoon sisällytetään välivaiheneutralointi
10 104, joka toteutetaan pH 2:ssa. Sinkin liuotinuutto tapahtuu täten kahdessa vaiheessa, se on vaiheessa 102 ja seuraavassa vaiheessa 103, siten että neutraloidaan (104) välillä. Kumpikin vaihe 102, 103 uuttaa sinkkiä vain viidestä seitsemään grammaan litrassa, ennen kuin raffinaattiin saatu happopitoisuus pysäyttää sen. Käyttämällä välivaiheneutralointia
15 104 voidaan lisätä sinkin kokonaisuuttoa pitoisuuteen, joka on kymmenen grammaa sinkkiä litrassa tai sitä enemmän. Ensimmäisestä uuttamisvaiheesta 102 saatu raffinaatti 97 neutraloidaan vaiheessa 104 edullisella kalkkikivellä (CaCO₃) pH-arvoon, joka
20 on noin 2 - 2,5, jotta saadaan kiinteää kalsiumsulfaattidihydraattia vaiheessa 98. ja se heitetään pois. Suodos 99 syötetään sitten toiseen liuotinuuttovaiheeseen 103. Toiseen vaiheeseen toteutetussa syötössä, pH:ssa 2 - 2,5, sinkkiä on litraa kohti tyypillisesti 10 g ja kuparia 50 g. Uuttamisen
25 jälkeen toisessa raffinaatissa 124 on normaalisti sinkkiä viisi ja kuparia 50 sekä happoa kahdeksan grammaa litrassa.

Sinkkipitoisuudet ovat riittävän pienet liuotinkiertoa 16 varten, niin että tämä ei tuota ongelmaa.

35 Painehapetussuodoksen 29 parhaimman mahdollisen sinkkipitoisuuden määrää sinkin liuotinuuttokierron kyky uuttaa sinkkiä.

Sen seikan johdosta, että saatavissa olevat uuttoaaineet (esim. DEHPA) uuttavat sinkkiä jokseenkin heikosti, on olemassa litraa kohti enintään noin viiden - seitsemän gramman suuruisen sinkin määrä, joka voidaan uuttaa, ennen kuin reaktio pysähtyy raffinaatissa muodostuvan hapon takia. Lisäuuttaminen edellyttää hapon neutralointia. Välivaihenneutraloinnin kanssa on mahdollista uuttaa paljon suurempia määriä sinkkiä, välivaihenneutralointi poistaa kierrosta kuitenkin sulfaattia, joka täytyy korvata joko hapettamalla rikkiä tai lisäämällä tuotetta happoa painehapetuspiiriin 23.

Yhden välissä toteutetun neutralointivaiheen on todennäköisesti oltava sulfaattitasapainon kanssa yhteen sopiva, siksi on suotavaa pitää $\Delta[\text{Zn}^+]$, joka on sinkin pitoisuus peinehapetus-suodoksessa 29 miinus sinkin pitoisuus kierrätetyssä raffinaatissa 72, noin kymmenenä grammalla litrassa. Jos happosyöttö painehapetusvaiheeseen kierrätettynä raffinaattina 72, joka on peräisin liuotinuutosta, sisältää sinkkiä viisi grammaa litrassa, silloin tuotesuodoksen, joka on peräisin painehapetuksesta tulisi sisältää sinkkiä täten noin 15 grammaa litrassa. Tämä $\Delta[\text{Zn}]$:ä koskeva rajoitus on tunnusomaista prosessille sinkin suhteen kupariin verrattuna. Kuparin liuotinuuton suurempi uuttokyky tarkoittaa, että kupari voidaan uuttaa hyvin, siten että raffinaatin happotasot ovat paljon suuremmat aina 75 grammaan saakka rikkihappoa litrassa verrattuna sinkin määrään, joka on vain noin seitsemän - kymmenen grammaa litrassa. Sen tähden kupari voidaan uuttaa kuparin syöttövirroista, joissa sen pitoisuus on 50 grammaa litrassa.

Panostettu orgaaninen aines 106, joka on peräisin Zn-kierrosta (DEHPA), sisältää uuttamisen jälkeen vähän kuparia, tuloksena siitä, että DEHPA-uuttoaineen selektiivisyys on epätäydellistä sinkkiä kohtaan ja voimakkaan Cu-nesteen yksinkertaisen mukana kulkeutumisen takia. Sinkin ja kuparin suhde (Zn/Cu) panostuksessa orgaanisessa aineessa 106, joka on peräisin Zn-liuotinuutosta, on noin 150:1 - 300:1. Jos kaikkea kuparia ei ole poistettu, se voidaan tislata Zn:n kanssa liuottimen tislauk-

sessä 114, ja täten tislataan sinkkipitoiseen jalometal-
lielektrolyyttiin 120, joka syötetään elektrolyyttiseen erot-
tamiseen 118. Sinkin elektrolyyttinen rikastus vaatii erittäin
puhtaan jalometallielektrolyytin, jos on saatava aikaan tyy-
dyttävä (puhdas) Zn-katodi järkevällä virran teholla. Jalome-
tallielektrolyytissä suhteen Zn/Cu täytyy olla noin 100 000:1.
Sen tähden on oleellista poistaa kaikki kupari panostetusta
5 orgaanisesta aineesta 106 tai myöhemmin jalometallielektrolyy-
tistä ennen elektrolyyttistä rikastusta. On paljon helpompaa
10 puhdistaa panostettu orgaaninen aine 106.

Tämän kuparin poistamiseksi tarvitaan useita pesu- tai käsit-
telyvaiheita 106, esimerkiksi kolmesta kymmeneen, tyypillises-
ti viisi vaihetta. Pesu toteutetaan laimeasti happameksi
15 saatetulla sinkkisulfaatin vesiliuoksella. Pesuvaiheet järjes-
tetään sarjoina, se on, käsitelty orgaaninen aine, joka pois-
tuu ensimmäisestä pesuvaiheesta, menee toiseen pesuvaiheeseen
ja niin kaikkien muiden vaiheiden läpi, kunnes orgaaninen aine
poistuu viimeisestä vaiheesta. Sinkkiä pestää vähän kuparin
20 kanssa, siksi että on välttämätöntä saattaa lisätyn pesuveden
määrä vähimmilleen ja käyttää useita pesuvaiheita, jotka sen
sijaan on järjestetty vastavirtaperiaatteen mukaan.

Tuloksena oleva, tuotettu pesuneste 110 kierrätetään ilmake-
hässä toteutettavaan uuttokiertoon kupari- ja sinkkiarvojen
25 talteenottoa varten.

Pesun jälkeen orgaaninen virta 112, joka on peräisin DEHPA-
uutosta, on valmis tislausta 114 varten, joka toteutetaan
30 käytetyn elektrolyytin 116 kanssa, joka on peräisin sinkin
elektrolyyttisen rikastuksen piiristä 118. Tämä tuottaa suu-
rella virran teholla jalometallipitoisen elektrolyytin 120
sinkin elektrolyyttistä rikastusta varten.

Tislauksen 114 jälkeen uuttamisliuokselle toteutetaan lisä-
35 tislauks 131 uutteen kierrättämiseksi liuotinuuttoon 100. Tis-

laus 131 saadaan aikaan HCl-täydennysliuoksella, joka johdetaan painehapetusvaiheeseen.

5 Raffinaatit 122, 124, jotka ovat peräisin sinkin uutosta, joka on toteutettu DEHPA:lla, uutetaan kukin selektiivisesti kuparia uuttavalla aineella, kuten LIXTM:llä, vastaavasti liuotinuutoissa 16 ja 50.

10 Nämä kaksi kiertoa 16, 50, on suunniteltu samalla tavalla kuin prosessin toimintatavassa B, siten että yhteistä orgaanista uuttoaainetta käytetään ensin liuotinuuttoon 16 ja sitten liuotinuuttoon 50. Sitten panostettu orgaaninen aine pestään ja tislataan kuten aiemmin on esitetty vastaavasti kohdassa 42 ja 44.

15

Liuotinuuttopiirin 50 neutralointivaatimukset on havaittu vähäisiksi, koska neutralointi on toteutettu aiemmin sinkki-kierrossa.

20

Raffinaatit, jotka ovat peräisin LIXTM:stä, kierrätetään kuten vastaavasti aiemmin takaisin painehapetusvaiheeseen 12 sekä ilmakehässä toteutettavaan uuttovaiheeseen 14.

25

Viitataan kuvioon 4, joka esittää hydrometallurgista uuttamisprosessia nikkelin talteenottamiseksi kuparin lisäksi.

30

Käytetään samoja viitenumeroita ilmaisemaan prosessin vaiheita ja asteita, jotka vastaavat aiempien sovellusmuotojen vaiheita ja asteita.

35

Nikkeli-kuparirikasteiden suhteen prosessi on hyvin samankaltainen kuin sinkille, paitsi että saatavat liuotinuuteaineet ovat vähemmän selektiivisiä nikkeliä kuin kuparia kohtaan. Sen tähden nikkelin molemmat liuotinuuttovaiheet 130, 132 on sijoitettu vastaavasti kuparin liuotinuuttovaihepiirien 16, 50 jälkeen.

Panostettu nikkelin uuttoaaine 135, joka on peräisin liuotinuutosta 132, pestään kohdassa 137 ja sitten se tislataan (139), ennen kuin se kierrätetään liuotinuuttoon 130. Tislaus 139 saadaan aikaan käytetyllä elektrolyytillä, joka on peräisin nikkelin elektrolyyttisestä rikastuksesta 140.

Sitä paitsi nikkelin uuttaminen on riittävän heikkoa, jotta tarvitaan neutralointi ammoniakilla in situ, kuten osoitetaan vastaavasti kohdissa 134 ja 136. Ammoniakkikiä täytyy saada takaisin vastaavista raffinaateista esimerkiksi kalkin kanssa toteutettavalla keittoprosessilla 138 ja kierrättää.

On havaittu, että rikin hapettumisen määrälle on raja, joka voidaan tarkentaa prosessin toimintatavalla B. Jos rikin hapettuminen on riittävää ja painehapetuksen aikana tuotetaan riittävästi happoa, hapon ylimäärä jää jäljelle painehapetuksen jälkeen, vaikkakaan syöttöön ei lisätä happoa esimerkiksi happamen raffinaatin muodossa. Tässä tilanteessa ei muuteta ainoastaan rikasteen kaikkea kuparia liuotetuksi kuparisulfatiksi, vaan hapon ylimäärällä liuotetaan myös vähän rautaa esimerkiksi ferrisulfaattina.

On toivottavaa, että rikasteen rauta saatetaan painehapetusvaiheeseen stabiilina hematiittina Fe_2O_3 :na eikä liuokseen, jossa se täytyy erottaa kuparista. Tyypillisillä rikasteilla suhde Fe:Cu on ainakin 1:1, ja Fe:n tehokas ja täydellinen poisto varhaisessa vaiheessa on sen tähden prosessin tärkeä näkökohta. Muut epäpuhtaudet, kuten arseeni, antimoni jne. poistetaan myös raudan kanssa yhteisadsorptio- tai saostusmekanismeilla.

On havaittu, että joillakin rikasteilla tapahtuu kuitenkin niin paljon rikin hapettumista (hapon tuottoa), että painehapetuksen kapasiteetti kuluttaa happea ylitetään ja vähän rautaa uutetaan liuokseen vielä prosessin toimintatavan B olosuhteissa. Prosessin tavoitteena on tuottaa vähän rautaa sisältävää nestettä, jossa rautaa on tyypillisesti 0,05 grammaa

litrassa. Joillakin tutkituilla rikasteilla on tuotettu painehapetusnesteitä, joissa rautaa on 1,0 - 12,0 grammaa litrassa. Samalla tavalla tavoitteena on, että painehapetusnesteen pH on alueella 2,0 - 3,5, mikä vastaa vapaan hapon määrää, jota on vähemmän kuin yksi gramma litrassa, mutta tutkitut rikasteet ovat tuottaneet painehapetusnesteitä, joiden pH on alueella 1,2 - 2,0, mikä vastaa vapaan hapon määrää 15 grammaa litrassa.

10 Niinpä on kehitetty prosessin lisäsovellusmuoto, joka on nimitetty "prosessin toimintatavaksi C" edellä esitettyjen rikasteiden, jotka on nimitetty "toimintatavan C" rikasteiksi, käsittelyn suhteen.

15 **Prosessin toimintatapa C**

Toimintatavan C rikasteet, joilla on voimakas taipumus rikin hapettumiseen ja sen tähden hapon tuottoon, ovat niitä rikasteita, joilla rikin ja kuparin suhde S:Cu on suuri tai yleisesti sanottuna suhde S:M, jossa M merkitsee emäksisiä metalleja, kuten kuparia, sinkkiä, kobolttia, lyijyä jne. mutta joihin ei sisälly rauta, joka ei kuluta happea.

25 Nikkeli- tai nikkeli-kuparirikasteet voivat olla usein toimintatavan C mukaisia, koska niiden laatu on usein heikko, siten että suhde S:M on usein 2:1 tai sitä suurempi. Jotkut kupari- tai kupari-kultarikasteet ovat myös toimintatavan C mukaisia, jos niiden laatu on huono suuren pyriittipitoisuuden vuoksi. On havaittu, että joissakin kupari-sinkkirikasteissa on runsaasti pyriittiä ja sen tähden ne ovat myös tyypiltään toimintatavan C mukaisia.

35 Yleisesti sanottuna on olemassa korrelaatio pyriittipitoisuuden (FeS_2) ja taipumuksen välillä toimintatavan C mukaiseen käyttäytymiseen. Tähän suuntaukseen on olemassa myös poikkeuksia, koska kaikki pyriitit eivät reagoi samalla tavalla. Jotkut pyriitit hapettuvat rikisi paljon helpommin kuin muut.

Tälle vastakohtana pyrroliitti (Fe_7S_8) tai läheinen rautasinkkimineraalisfareliitti (Zn,Fe)S näyttää antavan tulokseksi paljon vähemmän rikin hapettumista, ja se käyttäytyy prosessin toimintatavan A mukaisesti.

5

Prosessin toimintatapa C on olennaisesti prosessin toimintatavan B erikoistapausa, jolla on kaksi avainpiirrettä.

10 Ensinnäkin neutraloidaan koko raffinaatti 63 (kuvio 2), ennen kuin tämä virta palautetaan painehapetukseen 12, se on, ei tapahtu mitään raffinaatin jakamista, siten että yksi osa neutraloidaan ja toinen osa menee neutralointiin.

15 Toiseksi neutraloidaan painehapetuksesta saatu liete (ennen uuttamistahteen suodattamista) ylimääräisesti, jotta hapon ylimäärä neutraloidaan ja saostetaan kaikki liuoksen Fe tänä ajankohtana. Painehapetusneutralointi toteutetaan niin kuumana kuin mahdollista, heti kun liete on purettu autoklaavista. Sopivin tilaisuus on ilmastussäiliössä, sen jälkeen kun liete
20 on laskettu ilmakehän paineeseen, kun liete on kiehumapisteesä tai lähellä kiehumapistettä, se on noin 100 °C:ssa.

Tähän tarkoitukseen käytetään kalkkikiveä painehapetuslietteen
25 kaiken ylimääräisen hapon neutraloimiseksi ja pH:n saattamiseksi täten noin kolmeen. Kaikki liuennut Fe, joka on Fe^{3+} -tilassa, saostuu samanaikaisesti yhdessä kaiken As:n tai Sb:n kanssa, jota voi olla läsnä.

30 Näiden reaktioiden tärkeimmät tuotteet ovat kalsiumsulfaattidihydraattia ja rautahydroksideja tai emäksisiä suoloja. Koska painehapetusneutralointi toteutetaan ennen suodattamista, sekoitetaan nämä kiinteät aineet uuttojäännösten kanssa, joita jo on läsnä painehapetuslietteessä, joka sisältää enimmäkseen alkuainerikkiä, hematititejä, reagoimattomia sulfideja (pyriittiä)
35 ja hylkykivimineraaleja (kvartssia, maasälpää jne., jotka painehapetuksessa ovat suureksi osaksi muuttumattomia). Tämä sekoittaminen on edullista, koska ei tarvita mitään

lisäsuodatusvaihetta ja suodoksen muut kiinteät aineet auttavat suodatettaessa painehapetuksen neutralointituotteita, joilla voi olla muutoin taipumus suodattua huonosti.

5 Saatu liete, jonka pH on nyt 3, suodatetaan ja suodatuskakku pestään huolellisesti, jotta sisään tunkeutunut neste (Cu, Cl) poistetaan niin paljon kuin on käytännöllistä. Suodatuskakku
10 saatetaan ilmakehässä toteutettavaan uuttamiseen, jossa uuteetaan kaikki saostunut kupari, kuten on tavallista, pH:ssa, joka on noin 1,5 - 1,8, ja uuttamistulos pestään perusteellisesti CCD-piirissä. Suodosta 29, joka on peräisin painehapetussuodatukselta, käsitellään, kuten prosessin toimeenpanossa B Cu:n suhteen menetellään liuotinuuttovaiheella 50, mikä tuottaa raffinaatin 63, joka sitten menee neutralointiin 76,
15 kuten aiemmin, ja joka sitten kierrätetään takaisin painehapetukseen 12 mutta ilman raffinaatin jakamista 70, kuten edellä esitettiin. Täten painehapetuskierto päättyy.

20 Keksinnön mukaisen prosessin tärkeät näkökohdat voidaan esittää yhteenvetona seuraavasti:

(i) Kaikki sulfidirikasteiden sisältämät emäksiset metallit, esimerkiksi kupari, nikkeli, sinkki ja koboltti sekä rauta hapetetaan täydellisesti; ja

25 (ii) rikin hapettuminen sulfaatiksi saatetaan vähimmilleen ja alkuainerikin tuotto saatetaan suurimmilleen, ja

(iii) painehapetuksen aikana hapettuneet metallit saostetaan emäksisenä suolana, esimerkiksi emäksisenä kuarisulfaattina; tai

30 (iv) metallit, jotka on hapetettu painehapetuksen aikana, liuotetaan sulfaattiyhdisteenä, esimerkiksi sinkki- tai nikkelisulfaattina.

35

- Vaikka kloridi katalysoi painehapetusta, ei käytetä kuitenkaan voimakasta kloridiliuosta, esimerkiksi tarvitaan vain noin 12 grammaa litrassa, jota määrää tukee litraa kohti noin 11 grammaa kuparia tai sinkkiä, joka on vastaavana kloridisuolana. Jos tarvitaan metallien suurempaa pitoisuutta tai se tuotetaan, se on sulfaattisuolana. Painehapetusliuokset ovat täten yleensä sulfaatti- ja kloridisuolojen seoksia, ei puhdaita klorideja.
- 5
- 10 Kaksinnönmukaista prosessia voidaan käyttää prosessin rikasteille, joissa nikkeliä on yksinään tai yhdistelmänä kuparin tai koboltin kanssa. Samalla tavalla voidaan käsitellä kupari-sinkkirikasteita. Tämä toteutetaan käyttämällä oikein sulfaattia tai rikkihappoa painehapetuksen aikana halogeenin, kuten
- 15 kloridin, läsnäollessa. Riittämätön happo tai sulfaatti lisää rikin hapettumista, joka ei ole toivottavaa, sekä vähentää metallin hapettumista ja sen tähden metallin talteenottoa. Hapon ylimäärä liuottaa raudan painehapetuslietteestä ja aiheuttaa hapon ja neutralointiaineen kustannusten tarpeettoman menoerän.
- 20

Kupari-nikkelirikasteet

- 25 Prosessin kulkukaavio esitetään kuviossa 5. Se on tarkoitettu rikasteille, jotka sisältävät kolmesta kahteenkymmeneviiteen prosenttia kuparia ja kolmesta kymmeneen prosenttia nikkeliä, siten että kupari vallitsee. Kobolttia on yleensä läsnä, siten että nikkelin ja koboltin suhde Ni:Co on 10:1 - 30:1, joka vastaa noin 0,1 - 0,8 prosenttia kobolttia rikasteessa.

30

- 35 Prosessi on pohjimmiltaan edellä esitetyn prosessin toteutusmuodon B muunnos, jossa Cu menee painehapetuksen aikana ensisijaisesti nesteeseen pikemmin kuin kiinteään tuotteeseen. Happo täytyy johtaa painehapetukseen, jotta se kykynee liuotamaan sekä nikkelin että kuparin ensisijaisesti sulfaattina. Painehapetuksen syöttöliuokseen lisätään liuosta kohti tyypillisesti noin 20 - 30 grammaa happoa H_2SO_4 :na. Kloridin lisäys

painehapetukseen on riittävä, jos se pitää kloridin pitoisuuden 12 grammana litrassa, saman kuin Cu-rikasteille. Lämpötila-, paine- ja muut sellaiset olosuhteet ovat myös samanlaiset kuin Cu-rikasteille. Co liukenee yhdessä Ni:n kanssa.

5

Painehapetusnestettä käsitellään ensin Cu-liuotinuuton suhteen, jotta poistetaan olennaisesti kaikki Cu, ja sitten saostetaan Ni emäksisenä nikkelisulfaattina, kun ensin on kuumentettu 85 - 90 °C:seen kalkkiveä käyttämällä. Co saostuu yhdessä Ni:n kanssa emäksisenä kobolttisuolana.

10

Saostettu emäksinen nikkeli- tai kobolttisulfaatti uutetaan sitten ammoniakisella liuoksella, joka on kierrätetty Ni:n liuotinuutosta. Saatua nikkelin tai koboltin uuttonestettä käsitellään sitten ensin koboltin poistamiseksi liuotinuutolla käyttämällä reagenssia, joka on spesifinen koboltille, kuten Cyanex 272:hta, patentoitua fosfiinihappoa, joka saadaan Cyanamid Inc.:ltä. Co-raffinaattia käsitellään sitten Ni:n talteenottamiseksi toisella liuotinuuttoreagenssilla LIX 84:llä, joka on patentoitu hydroksioksiimi ja saadaan Henkel Corp.:lta.

15

20

Ni-raffinaatti kierrätetään lopuksi Ni-Co-uuttoon. Poistetaan vettä tästä raffinaatista, jota käsitellään, niin että otetaan talteen ammoniumsulfaattia, jota muodostuu kierrossa. Tämä johtuu siitä, että sulfaatti-ioneja menee emäksiseen nikkelisulfaatin suodatuskakkuun. Ammoniakkia täytyy lisätä ammoniumsulfaattina tapahtuvan ammoniakkin häviön korvaamiseksi.

25

30

Nikkeli-kuparirikasteet

Nikkeli-kuparirikasteissa on nikkeliä vallitsevana alkuaineena, ja ne sisältävät noin 8 - 25 prosenttia nikkeliä ja 3 - 10 prosenttia kuparia. Prosessin kulkukaavio esitetään kuviossa 6. Painehapetuksen olosuhteet ovat olennaisesti samat kuin

35

kupari-nikkelirikasteille. Ero kuvioon viisi nähden on painehapetuksen lietteen käsittelyssä.

Nämä rikasteet käyttäytyvät yleensä kuten prosessin toimintatavassa A, jossa Cu johdetaan painehapetuksen jälkeen ensisijaisesti kiinteään faasiin. Tämä toteutetaan siten, että painehapetuslietteeseen lisätään kalkkikiveä, jotta pH nostetaan noin pH 4:ksi, ennen kuin liete suodatetaan. Tällä on vaikutusta painehapetusnesteen sisältämän ylimääräisen hapon neutralointiin, kaiken raudan ja kaiken kuparin saostamiseen.

Neutraloitu liete suodatetaan ja suodatuskakku siirretään ilmakehässä toteutettavaan uuttoon, leimattuun "kupariuuttoon", joka tuottaa vuorostaan uuteneesten uuttoa varten, joka toteutetaan Cu-liuotinuuttolla.

Neutraloitua liuosta käsitellään Ni:n tai Co:n talteenottamiseksi, saostamalla sekä liuotinuuttolla, kuten kupari-nikkelirikasteiden suhteen.

20

Nikkelilateriittimalmit

Nikkelilateriitit eivät väkevöidy vaahdotukse avulla kuten sulfiitit, ja sen tähden niitä on käsiteltävä kokonaisena malmina. Ne sisältävät tyypillisesti 1,5 - 3,0 prosenttia nikkeliä ja 0,1 - 0,3 prosenttia kobolttia, eivätkä ne sisällä kuparia. Tärkeä piirre on Mg-pitoisuus, joka voi olla aina 20 prosenttiin saakka magnesiumia, samoin kuin huomattava Fe-pitoisuus. prosessikaavio esitetään kuviossa 7.

30

Prosessi on samanlainen kuin nikkeli-kuparisulfidirikasteille käytetty prosessi, paitsi että kuparin puuttuminen tarkoittaa, että uuttotähde voidaan heittää pois neutraloinnin ja suodatuksen jälkeen, koska sen metalliarvot kuparille ovat kielteiset. Painehapetuksessa käytetyissä olosuhteissa on myös tärkeitä eroja, nimittäin lämpötila ja paine ovat paljon suuremmat, 225 °C ja 3060 kPa O₂:a, ja syöttönesteen happamuus on

35

suurempi vapaan hapon pitoisuutena, 100 - 200 grammaa litras-
sa. Kloridipitoisuus pysyy samana, noin 12 grammana klooria
litrassa. Uuttonesteen kloridi voidaan syöttää $MgCl_2$:na tai
HCl:na.

5

Toinen pääasiallinen ero on magnesiumin poistovaiheen tarve.
Mg on uutettavissa liuokseen lähes kvantitatiivisesti paineha-
petuksen aikana, mikä antaa läpiajoa kohti tulokseksi tyypil-
lisesti 40 grammaa magnesiumia litrassa. Tämä voi poistaa
10 haihduttamisen tai kiteyttämisen, joka toteutetaan esimerkiksi
 $MgSO_4$:nä.

5
5
5
5
55
5
5
5
5

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä nikkeli- tai kobolttiarvojen uuttamiseksi metallimalmista tai rikasteesta, alistamalla malmi tai rikaste painehapetukselle hapen ja sellaisen happamen liuoksen läsnä ollessa, joka sisältää bisulfaatti- tai sulfaatti-ionien lähteen, joka on valittu ryhmästä, joka koostuu rikkihaposta ja metallisulfaatista, joka hydrolysoituu happamessa liuoksessa, sellaisen painehapetusliuoksen muodostamiseksi, joka sisältää nikkeli/kobolttiarvoja, painehapetuksen tapahtuessa halogeeniatomien läsnä ollessa, **tunnettu** siitä, että nikkeli- tai kobolttiarvoja talteenotetaan yksinomaan painehapetusliuoksesta poistamalla nikkeli/kobolttiarvot painehapetusliuoksesta ja uudelleenkierrättämällä saatu liuos painehapetukseen nikkeli/kobolttiarvojen poistamisen jälkeen.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että painehapetus toteutetaan lämpötila-alueella noin 130 °C:sta noin 150 °C:seen.

20

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että painehapetus toteutetaan hapen ja höyryn kokonaispaineen ollessa noin 790 - 1480 kPa.

4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että halogeeni valitaan kloorista tai bromista.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että halogeeni on kloori ja kloridin pitoisuus on noin 8-20 grammaa litrassa.

30

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen prosessi, **tunnettu** siitä, että kloridin pitoisuus on noin 12 grammaa litrassa.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että painehapetusliuoksen nikkeli/kobolttiarvot saostetaan nikkeli/kobolttisuoloina ja saatu liuos uudelleenkierrätetään painehapetukseen nikkeli/kobolttisuolojen saostamisen jälkeen.

35

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että poistettava metalliarvo on nikkeli ja että menetelmä sisältää lisäksi vaiheen, jossa nikkeli uutetaan nikkelisäostusta nikkeliliuoksen tuottamiseksi.

5

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että liuos sisältää myös kuparia ja että menetelmä sisältää lisäksi vaiheen, jossa kupari poistetaan ennen nikkelin saostamista.

10

10. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että metallimalmi - tai rikaste sisältää myös kuparia, joka uutetaan liuokseen painehapetuksen aikana ja että menetelmä sisältää lisäksi vaiheen, jossa kupari poistetaan liuoksesta ennen nikkelin saostamista.

15

11. Patenttivaatimuksen 9 tai 10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kupari poistetaan liuotinuutolla.

20

12. Patenttivaatimuksen 9 tai 10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kupari poistetaan saostamalla.

13. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että uutettava metalliarvo on koboltti ja että menetelmässä on lisäksi vaihe, jossa koboltti uutetaan kobolttisäostumasta kobolttiliuoksen tuottamiseksi.

25

14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että liuos sisältää myös kuparia ja että menetelmässä on lisäksi vaihe, jossa kupari poistetaan liuoksesta ennen koboltin saostamista.

30

15. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että metallimalmi tai -rikaste sisältää myös kuparia, joka uutetaan liuokseen painehapetuksen aikana ja että menetelmässä on lisäksi vaihe, jossa kupari poistetaan liuoksesta ennen koboltin saostamista.

35

16. Patenttivaatimuksen 14 tai 15 mukainen prosessi, **tunnettu** siitä, että kupari poistetaan liuotinuutolla.

5 17. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että uutettavat metalliarvot ovat nikkelin ja koboltin seosta ja että prosessissa on lisäksi vaihe, jossa nikkeli ja koboltti uutetaan nikkelin ja koboltin saostumasta nikkelin ja koboltin liuoksen tuottamiseksi.

10

18. Patenttivaatimuksen 17 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että liuos sisältää myös kuparia ja että menetelmässä on lisäksi vaihe, jossa kupari poistetaan liuoksesta ennen nikkelin ja koboltin saostamista.

15

19. Patenttivaatimuksen 17 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että metallimalmi tai -rikaste sisältää myös kuparia, joka uutetaan liuokseen painehapetuksen aikana, ja että menetelmässä on lisäksi vaihe, jossa kupari poistetaan liuoksesta ennen nikkelin ja koboltin saostamista.

20

20. Patenttivaatimuksen 18 tai 19 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kupari poistetaan liuotinuutolla.

25

21. Patenttivaatimuksen 19 tai 20 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kupari poistetaan saostamalla.

30

22. Patenttivaatimuksen 17 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että siinä on lisäksi vaihe, jossa nikkeli ja kupari erotetaan tuoteliuoksesta selektiivisellä liuotinuutolla erillisten nikkeli- ja kobolttiliuosten tuottamiseksi elektrolyyttistä rikastusta varten.

Patentkrav

35

1. Förfarande för extraktion av nickel- eller koboltvärden från en metallmalm eller ett koncentrat genom att malmen eller koncentratet utsättes för tryckoxidation i närvaro av oxygen

och en sur lösning innehållande en källa av bisulfat- eller sulfatjoner vald från gruppen bestående av svavelsyra och ett metallsulfat som hydrolyseras i den sura lösningen, för bildning av en sådan tryckoxidationslösning, som innehåller
5 nickel/koboltvärdena, varvid tryckoxidationen genomföres i närvaro av halogenatomer, **kännetecknat** av att nickel- eller koboltvärden återvinnes enbart från tryckoxidationslösningen genom avlägsnande av nickel/koboltvärdena från tryckoxidationslösningen och recirkulering av den erhållna
10 lösningen till tryckoxidationen efter avlägsnandet av nickel/koboltvärdena.

2. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att tryckoxidationen genomföres i ett temperaturområde av från 130°C
15 till ca. 150°C.

3. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att tryckoxidationen genomföres under ett totalt oxygen och ångtryck av ca. 790-1480 kPa.
20

4. Förfarande enligt patentkrav 1, 2 eller 3, **kännetecknat** av att halogenet är valt från klor och brom.

5. Förfarande enligt patentkrav 4, **kännetecknat** av att halogenet är klor och att kloridkoncentrationen är i området ca. 8-20 g/l.
25

6. Förfarande enligt patentkrav 5, **kännetecknat** av att kloridkoncentrationen är ca. 12 g/l.
30

7. Förfarande enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att nickel/koboltvärdena i tryckoxidationslösningen utfälles som nickel/koboltsalter och att den erhållna lösningen recirkuleras till tryckoxidationen efter utfällning av nickel/koboltsalterna.
35

8. Förfarande enligt patentkrav 7, **kännetecknat** av att det metallvärde som avlägsnas är nickel och att förfarandet även

innefattar ett steg, i vilket nickel lakas ur nickelfällningen för framställning av en nickellösning.

5 9. Förfarande enligt patentkrav 8, **kännetecknat** av att lösningen även innehåller koppar, och att förfarandet även innefattar ett steg, i vilket kopparet avlägsnas före utfällningen av nickel.

10 10. Förfarande enligt patentkrav 8, **kännetecknat** av att metallmalmen eller koncentratet även innehåller koppar som lakas till lösningen under tryckoxidationen och att förfarandet även innefattar ett steg, i vilket kopparet avlägsnas från lösningen före utfällningen av nickel.

15 11. Förfarande enligt patentkrav 9 eller 10, **kännetecknat** av att kopparet avlägsnas genom lösningsmedelsextraktion.

20 12. Förfarande enligt patentkrav 9 eller 10, **kännetecknat** av att kopparet avlägsnas genom utfällning.

25 13. Förfarande enligt patentkrav 7, **kännetecknat** av att metallerna som extraheras är kobolt och att förfarandet även innefattar ett steg, i vilket kobolt lakas från koboltfällningen för framställning av en koboltlösning.

30 14. Förfarande enligt patentkrav 13, **kännetecknat** av att lösningen även innehåller koppar och att förfarandet även innefattar ett steg, i vilket kopparet avlägsnas från lösningen före utfällningen av kobolt.

35 15. Förfarande enligt patentkrav 13, **kännetecknat** av att metallmalmen eller -koncentratet även innehåller koppar som lakas till lösningen under tryckoxidationen och att förfarandet även innefattar ett steg, i vilket kopparet avlägsnas från lösningen före utfällningen av kobolt.

16. Förfarande enligt patentkrav 14 eller 15, **kännetecknat** av att kopparet avlägsnas genom lösningsmedelsextraktion.

17. Förfarande enligt patentkrav 7, **kännetecknat** av att metallvärdena som extraheras är en blandning av nickel och kobolt och att processen även innefattar ett steg, i vilket
5 nickel och kobolt lakas från nickel- och koboltfällningen för framställning av en lösning av nickel och kobolt.

18. Förfarande enligt patentkrav 17, **kännetecknat** av att lösningen även innehåller koppar och att förfarandet även innefattar ett steg, i vilket kopparet avlägsnas från lösningen
10 före utfällningen av nickel och kobolt.

19. Förfarande enligt patentkrav 17, **kännetecknat** av att metallmalmen eller koncentratet även innehåller koppar som lakas
15 till lösningen under tryckoxidationen och att förfarandet även innefattar ett steg, i vilket kopparet avlägsnas från lösningen före utfällningen av nickel och kobolt.

20. Förfarande enligt patentkrav 18 eller 19, **kännetecknat** av
20 att kopparet avlägsnas genom lösningsmedelsextraktion.

21. Förfarande enligt patentkrav 19 eller 20, **kännetecknat** av
att kopparet avlägsnas genom utfällning.

22. Förfarande enligt patentkrav 17, **kännetecknat** av att det
25 även innefattar ett steg, i vilket nickel och kobolt separeras från produktlösningen genom selektiv lösningsmedelsextraktion för framställning av separata nickel- och koboltlösningar för elektroutvinning.

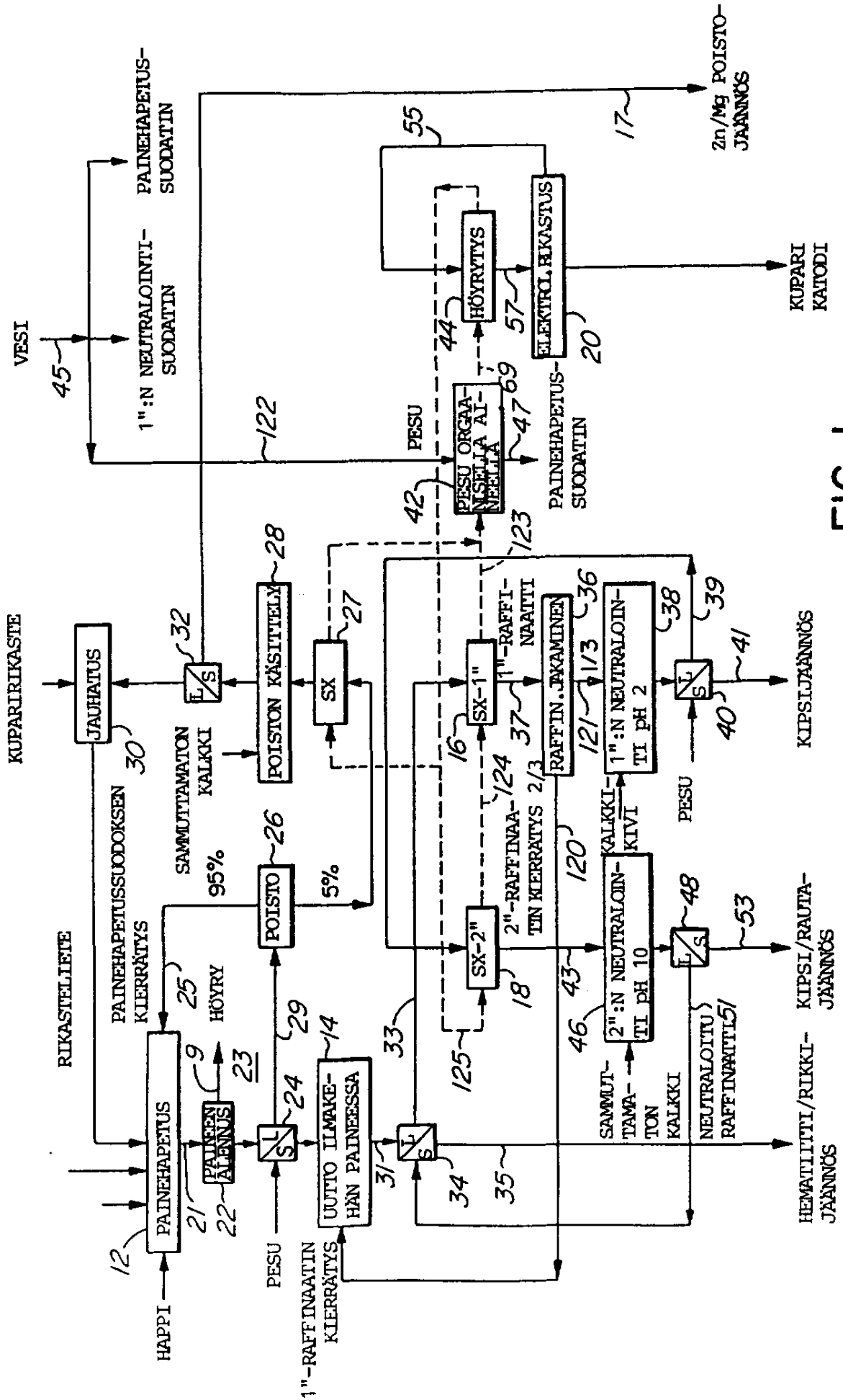


FIG. 1

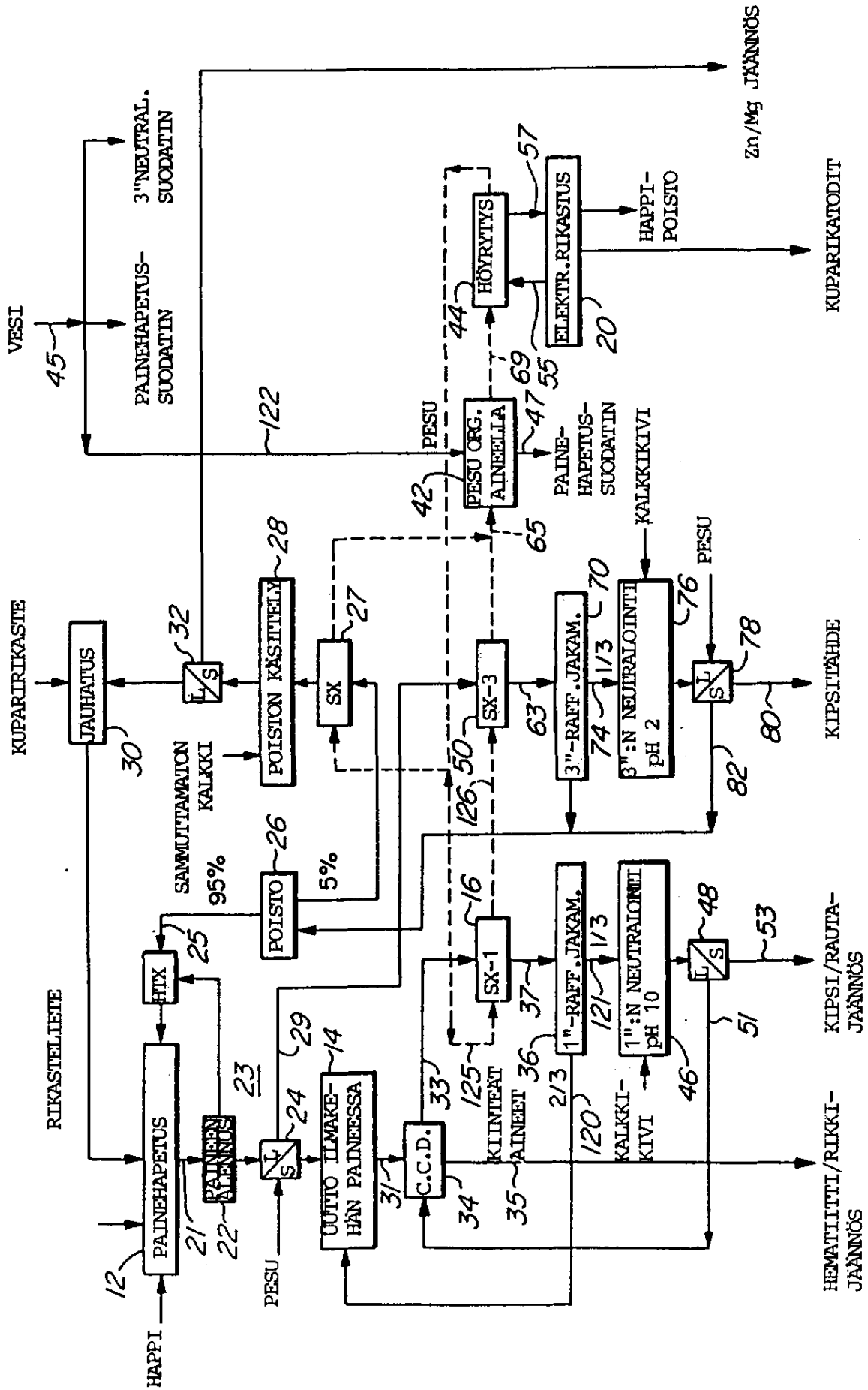


FIG. 2

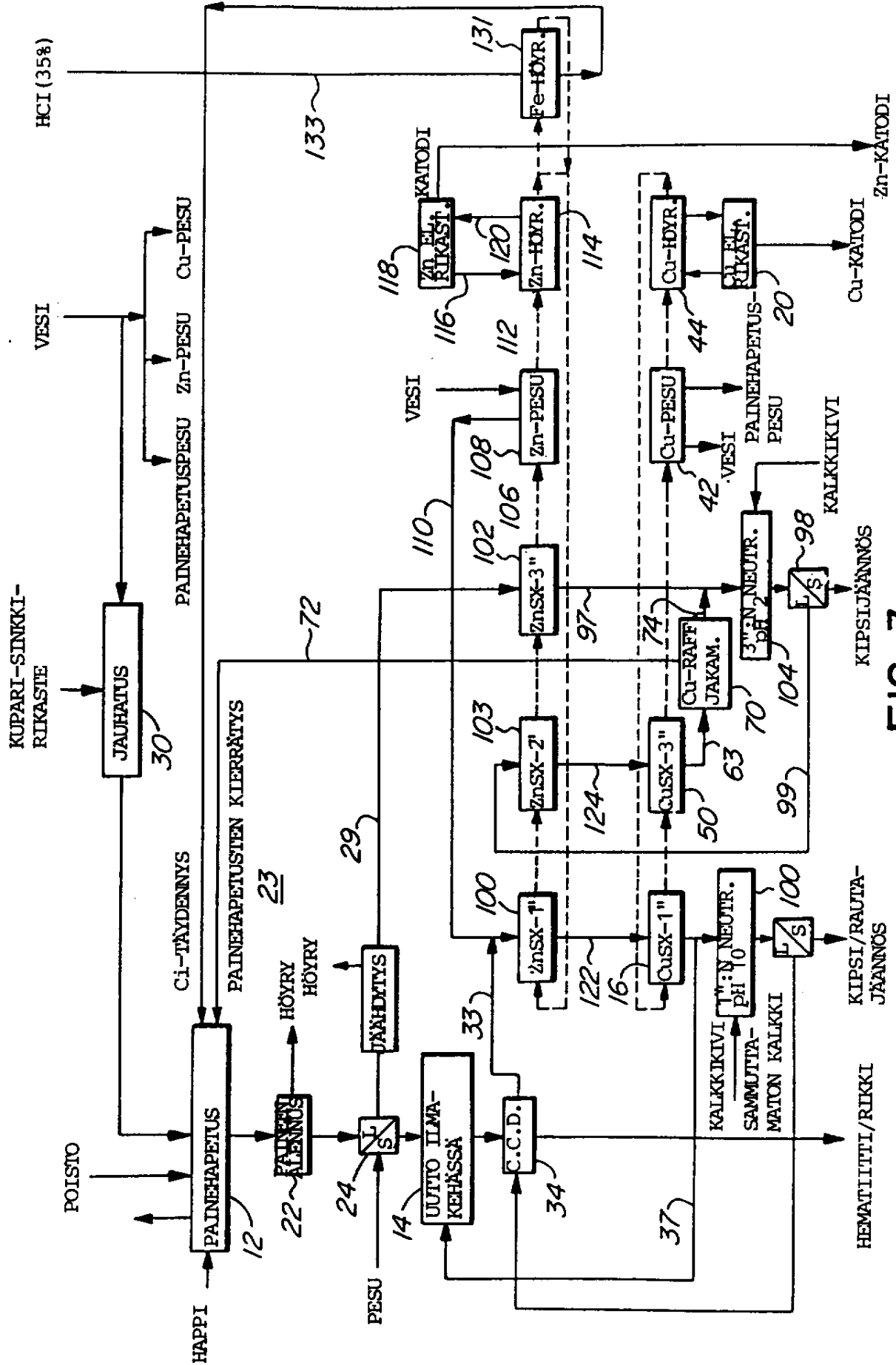


FIG. 3

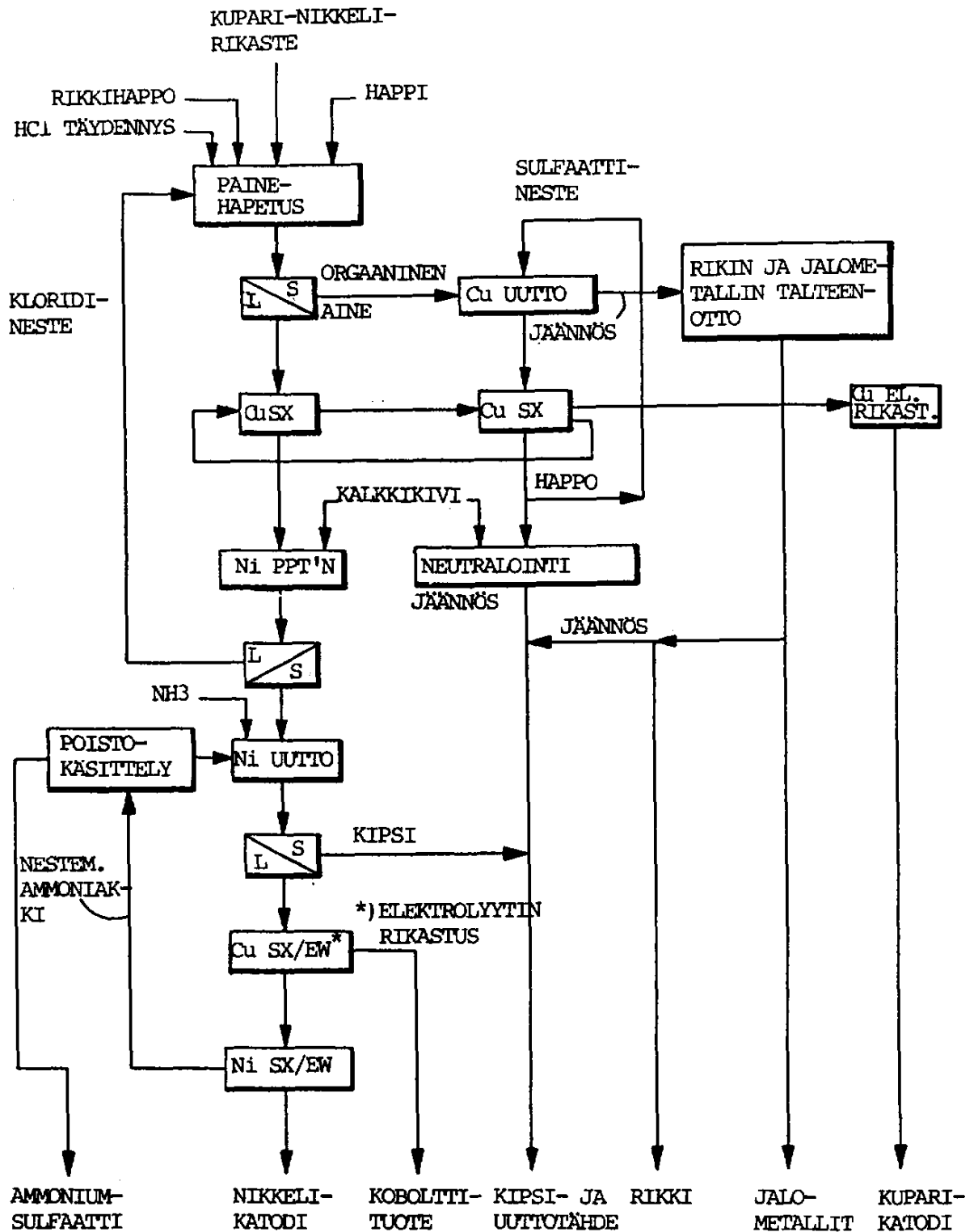


FIG. 5

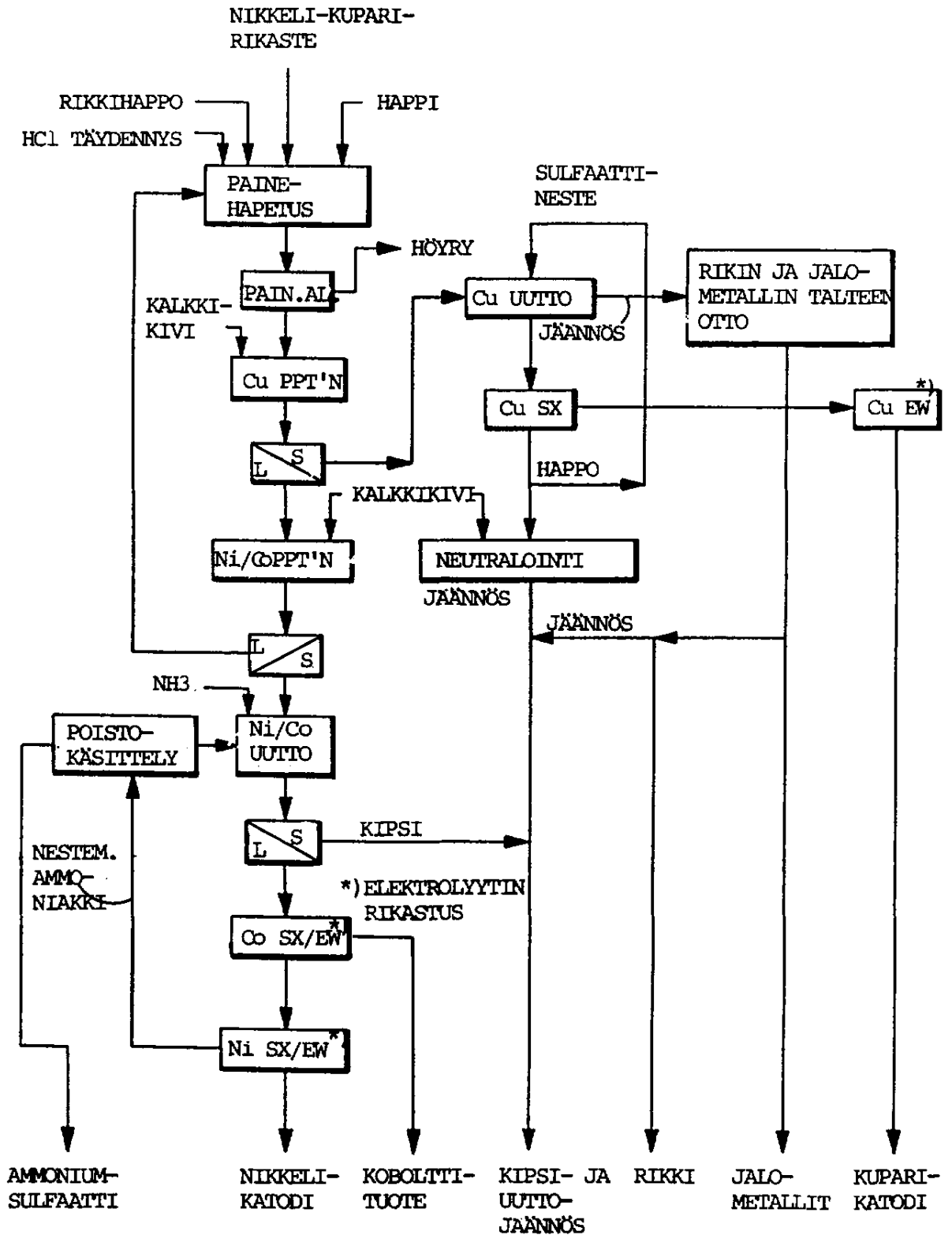


FIG. 6

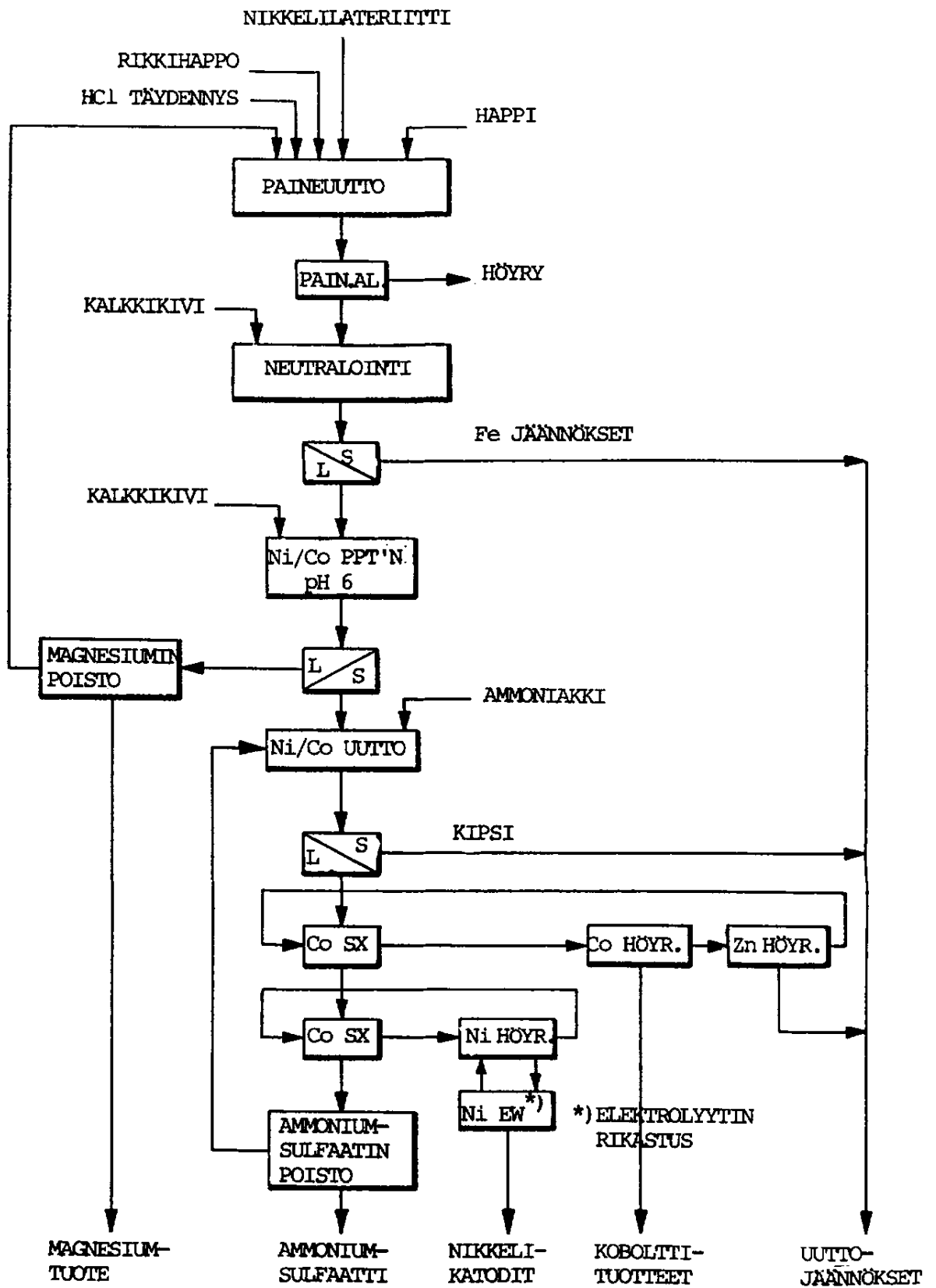


FIG. 7