



SUOMI—FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

[B] (11) KUULUTUSJULKAISU 63599
UTLÄGGNINGSSKRIFT

- C (45) Patentti myönnetty 11 07 1983
Patent meddelat
(51) Kv.itk.³/Int.Cl.³ C 22 B 3/00
(86) Kv. hakemus - int. ansökan
(21) Patentihakemus - Patentansökn. 813173
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag 13.10.81
(23) Aikupäivä - Giltighetsdag 13.10.81
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig
(44) Nähtävöispanon ja kuul.julkaisun pvm. -
Ansökan utlagd och utskriften publicerad 31.03.83
(32)(33)(31) Pyydetty etuoikeus - Begärd prioritet

- (71) Outokumpu Oy, Outokumpu, FI; Töölönkatu 4, 00100 Helsinki 10, Suomi-Finland(FI)
(72) Jussi Kalevi Rastas, Pori, Kauko Johannes Karpale, Ulvila, Heikki Tiitinen, Ulvila, Suomi-Finland(FI)
(74) Berggren Oy Ab
(54) Tapa ottaa talteen arvometalleja käytetyistä raakaöljyn rikinpoistokatalyyteistä - Sätt att återvinna värdemetaller från katalysatorer använda för avsvavling av råolja

(57) Tiivistelmä

Keksintö kohdistuu tapaan ottaa talteen arvometalleja pa-sutetuista raakaöljyn rikinpoistokatalyyttijätteistä. Keksinnön mukaan saadaan arvometallit erotetuiksi alumi-niumista yhdessä vaiheessa käsittelemällä jätettä korote-tussa lämpötilassa ja paineessa sellaisella määrällä sul-faattiliuosta, että jäte liukenee ja aluminium samalla saostuu aluniittina, joka erotetaan muita arvometalleja sisältävästä liuksesta. Sulfaattiliuosta lisätään edulli-sesti niin paljon, että liuoksen rikkihappopitoisuus vai-heen lopussa on 2-30 g/l.

(57) Sammandrag

Uppfinningen avser ett sätt att återvinna värdemetaller ur kalcinerade katalysatoravfall från avsvavling av råolja. Enligt uppfinningen kan värdemetallerna separeras från aluminiumet i ett steg genom att behandla avfallet vid förhöjd temperatur och tryck med en sådan mängd sulfatlös-ning att avfallet löser sig och aluminiumet samtidigt ut-faller som alunit, som avskiljes från lösningen innehållan-de övriga värdemetaller. Sulfatlösning tillföres fördelak-tigen så mycket att lösningens svavelsyrehalt i stegets slut är 2-30 g/l.

Tapa ottaa talteen arvometalleja käytetyistä raakaöljyn rikinpoistokatalyyteistä

Tämä keksintö kohdistuu tapaan ottaa talteen arvometalleja ja erityisesti koboltti, nikkeli, molybdeeni, vanadiini ja aluminium käytetyistä ja pasutetuista raakaöljyn rikinpoistokatalyyttijätteistä liuottamalla hienoksi jaettua pasutusjätettä korotetussa lämpötilassa ja erottamalla arvoaineita liuoksesta

Rikkipitoisten öljytuotteiden käytön yhteydessä kulkeutuu huomattavia määriä rikkidioksidia ympäristöön. Rikkiemission pienentämiseksi joudutaan öljyteollisuudessa raakaöljyn jalostuksen yhteydessä poistamaan pääosa raakaöljyn rikistä. Rikin poistamiseksi johdetaan vetyä sopivassa paineessa ja lämpötilassa raakaöljyn läpi katalyyttien läsnäollessa. Öljyn sisältämä rikki reagoi vedyn kanssa muodostaen kaasumaista rikkivetyä, joka johdetaan reaktiosysteemistä pois ja otetaan talteen. Katalyytteinä käytetään pääasiallisesti alumiinioksidipohjaisia materiaaleja, joissa koboltti ja molybdeeni tai nikkeli ja molybdeeni ovat aktiivisina komponentteina. Rikin poiston yhteydessä joutuu öljyn sisältämästä vanadiinista ja nikkelistä osa katalyyttiin, jotka rikastuvat näiden metallien suhteen katalyyttien menettäessä vähitellen katalyyttisen aktiivisuutensa.

Käytetyt katalyytit sisältävät siten aluminiumoksidirungon ohella kobolttia, nikkeliä, molybdeeniä ja vanadiinia. Kaikki nämä komponentit ovat arvokkaita, ja käytettyjen katalyyttien jälleenkäsittelyssä on syytä pyrkiä niiden kaikkien talteenottoon.

On vakiintunut käytäntö pasuttaa katalyyttijätteet hapettavasti alle 600°C , jotta niihin kyllästyneet haihtuneet aineet, hiilivedyt, hiili sekä osa rikistä ja rikkiyhdisteistä saadaan poistetuksi. Erityisesti laitosten yhteydessä,

joissa pasutetaan tai sulatetaan sulfidipitoisia rikasteita on tällainen käytettyjen katalyyttien esikäsitteily poltolla yksinkertaisesti toteutettavissa, koska poltto- kaasut voidaan helposti ohjata SO_2 -pitoisten pasutto- tai sulattokaasujen joukkoon.

Pasutettu jäte murskataan ja jauhetaan tavallisesti ennen jatkokäsittelyä.

Saksan liittotasavallan patentista 23 16 837 tunnetaan monivaiheinen menetelmä ottaa talteen katalyyttijätteen sisältämät arvoaineet. Kalsinoitu katalyyttijäte pasutetaan natriumkloridin läsnäollessa, jonka jälkeen molybdeeni ja vanadiini liuotetaan veteen ja erotetaan. Sakkaan jäävät koboltti, nikkeli ja alumiini käsitellään seuraavassa vaiheessa natriumhydroksidiliuoksella, jolloin saadaan alumiini liuokseen ja saostetaan siitä erotuksen jälkeen alumiinihydroksidina. Koboltti ja nikkeli otetaan talteen suodatussakasta tunnetuilla menetelmillä. Menetelmä on monivaiheinen ja suuren reagenssikulutuksen takia kallis. Myöskin katalyyttijätteen pääkomponenttia alumiinioksidia joudutaan käsittelemään useissa menetelmävaiheissa ennen kuin se saadaan liuosmuotoon ja siitä edelleen talteen. Suurien sakamäärien käsittely tietenkin hankaloittaa eri prosessivaiheita ja nostaa kustannuksia.

US-patentin 4 087 510 mukaisessa menetelmässä on edelliseen verrattuna saatu yksi prosessivaihe pois hehkuttamalla katalyyttijäte suoraan ilman normaalia hapettavaa pasutusta natriumkarbonaatin kanssa, jolloin vanadiini ja molybdeeni saadaan vesiliukoiseksi ja erotettua kuten edellä.

Sakkaan jäävät alumiini, koboltti ja nikkeli voidaan ottaa talteen tunnetuilla tavoilla esim. kuten Saksan liittotasavallan patentti 23 16 837 opettaa.

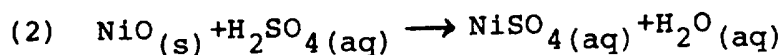
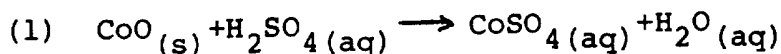
Tunnetaan lisäksi useita menetelmiä, joissa saadaan talteen ainoastaan joku tai jotkut katalyyttijätteen arvoainesta yleensä katalyyttijätteen runkona olevan alumiinioksidin tai -hydroksidin jäädessä jätteeseen. Liuotettaessa Al-pohjaisia Co, Mo, V, Ni-pitoisia katalyyttijätteitä Co, Mo, V ja Ni:n talteenottamiseksi tulee ongelmia alumiinien liukenemisesta ja uudelleen saostamisesta.

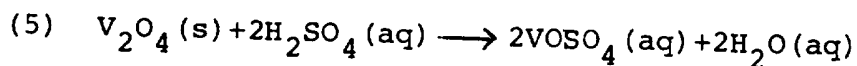
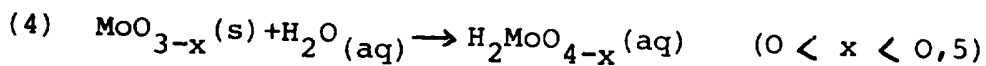
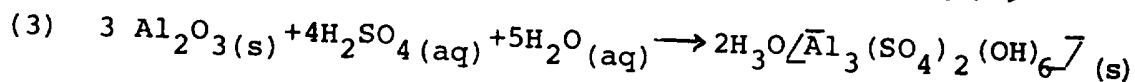
Arvometallien korkean liuotussaannon kannalta on kuitenkin välttämätöntä liuottaa myös katalyytin runkona oleva alumiini.

Tämän keksinnön tarkoituksena on aikaansaada tapa, jolla on mahdollista saada yhdessä vaiheessa katalyyttijätteen koboltti, nikkeli, molybdeeni ja vanadiini liuosmuotoon sekä aluminium samanaikaisesti kiintoaasiin. Liuoksessa olevat metallit otetaan talteen tunnetuilla tavoilla. Keksintö johtaa yksinkertaiseen ja varmakäyttöiseen prosessiin, jolla saavutetaan lisäksi aikaisempiin menetelmiin verrattuna huomattavia laitesäästöjä.

Keksinnön pääasialliset tunnusmerkit ilmenevät oheisesta patenttivaatimuksesta 1.

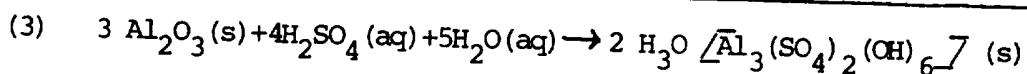
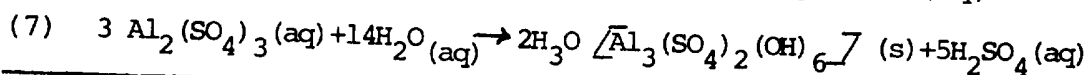
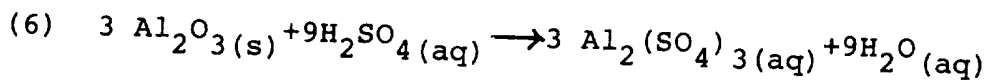
Esillä olevan keksinnön mukaisesti saatetaan katalyyttijäte - kun siitä ensin on poltettu pois hiili- ja osittain myös rikkipitoiset komponentit, jolloin polttokaasut johdetaan SO₂-pitoisten prosessikaasujen joukkoon - kosketuksiin rikkihappopitoisen vesiliuoksen kanssa korotetussa lämpötilassa ja paineessa. Rikkihapon vesiliuosta käytettäessä on sen määrä mitoitettu käsiteltävään katalyyttimäärään nähden siten, että se on likimäärin ekvivalentti seuraavien reaktioiden





suhteen.

Lisättävä rikkihappomäärä säädetään sellaiseksi, että reaktioiden (1)-(5) tapahduttua liuoksen rikkihappopitoisuus on välillä 2-30 g/l. Menetelmän keksinnöllinen idea pohjautuu reaktion (3) hyväksikäyttöön. Reaktio (3) voidaan esittää osareaktioiden (6) ja (7) summana:



Katalyyttijätteen Al_2O_3 -runko liukenee reaktion (6) mukaan, jolloin Al_2O_3 -runkoon sitoutuneet Co, Ni, Mo ja V liukenevat hyvin täydellisesti. Kun liuoksen Al-pitoisuus on riittävän korkea ja lämpötila sopivalla lämpötila-alueella, 180-220°C, tapahtuu reaktio (7). Alumiini saostuu hyvin suodattuvana H_3O -aluniittina, ja reaktion tuottama rikkihappo kuuluu edelleen reaktioihin (1), (2) ja (5). Molybdeenin menee liuokseen veteen hyvin liukoisena molybdeeninsinisenä, jossa molybdeenin hapetusaste on viiden ja kuuden välillä. Vastaavasti vanadiini menee liuokseen hapetusasteeltaan neliarvoisena. Reaktioihin (4) ja (5) ovat molybdeeni ja vanadiini kirjoitettu reaktioiden lähtöaineissa jo valmiiksi niihin hapetusasteisiin, joissa ne ovat loppuliuoksessa. Molybdeenin ja vanadiinin hapetusasteita polton jälkeisessä kiintoaineessa ei ole erikseen tutkittu. Keksinnön mukaisella katalyyttijätteen käsittelytavalla molybdeeni on kuitenkin liuoksessa ns. molybdeeninsinisenä, jossa yhdisteessä molybdeenin hapetusaste on +5:n ja +6:n välillä.

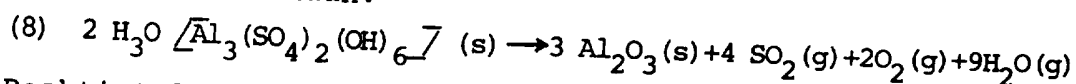
63599

(vrt. Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie: Molybden, System Nummer 53, s. 134-142).

Vastaavasti on vanadiini liuoksessa +4-arvoisena.

Reaktioiden (1)-(5) tapahduttua erotetaan liuos kiintoaineesta. Kiintoaine pestään hyvin vedellä. Pesuvesi voidaan käyttää seuraavan katalyyttijätöpanoksen käsittelyssä liuosfaasina tai sen osana. Liuoksesta voidaan koboltti ja nikkeli saostaa natriumhydroksidilla hydroksideina molybdeenin ja vanadiinin pysyessä liuoksessa. Hydroksidisakka erotetaan liuoksesta ja pestään hyvin. Sakasta erotetaan koboltti ja nikkeli jollakin tunnetulla tavalla ja otetaan metallit talteen. Liuosfaasista voidaan molybdeeni ja vanadiini erottaa esimerkiksi neste-nesteuutolla ja saostaa ko. metallit erotetuista liuoksista sopivina yhdisteinä.

Reaktion (3) tuloksena syntynyt H_3O -aluniitti, joka on erotettu liuoksesta ja pesty hyvin, voidaan käsitellä edelleen termisesti esimerkiksi pyörivässä rumpu-uunissa yli $900^{\circ}C$:ssa, edullisesti $1150-1250^{\circ}C$:ssa, jolloin H_3O -aluniitti hajoaa reaktion (8) mukaan:



Reaktiotuloksena syntynyt alumiinioksidi voidaan käyttää eri tarkoituksiin ja reaktiotuloksena syntynyt kaasu ohjata sulfidirikasteiden pasutuksessa muodostuvien SO_2 -pitoisten reaktiokaasujen joukkoon.

Edellä kuvatun keksinnön mukaisella menetelmällä saadaan yhdessä vaiheessa arvometallit koboltti, nikkeli, molybdeeni ja vanadiini eroon katalyyttijätteen päämetallista alumiinista. Katalyyttijätteen tämä käsittelyvaihe joudutaan tosin suorittamaan autoklaavissa, mutta veden lisäksi ainoana reagenssina käytetään suhteellisen huokeata kemikaalia,

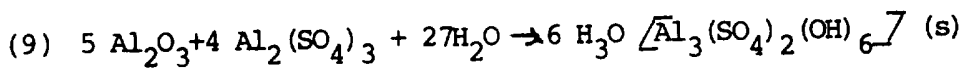
kuten rikkihappoa. Lisäksi syntyneen alumiiniyhdisteen, H_3O -aluniitin, termisessä käsittelyssä vapautuu alumiiniin sidottu sulfaatti rikkidioksidina, ja voidaan palauttaa takaisin rikkihapon valmistusyksikköön.

Näin katalyytsijätteen päämetallin, alumiinin, erottamiseen tarvittava reagenssi, rikkihappo, on halpa ja sitä ei lopullisesti menetetä, vaan se palautuu takaisin kiertoon.

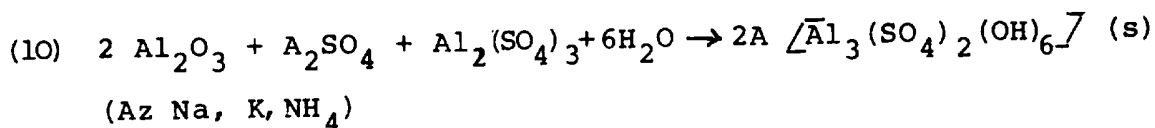
Tällä katalyyttijätteen liuotusmenetelmällä on mahdollista ottaa erittäin edullisesti talteen katalyyttijätteen arvoaineet: alumiini, koboltti, nikkeli, molybdeeni ja vanaadiini.

Rikkihapon vesiliuoksen sijasta tai sen ohella voidaan aluminium myös liuottaa ja saostaa jollakin muulla sulfaattilla, kuten aluminiumsulfaattilla, alkalimetalli- ja/tai ammoniumsulfaattilla.

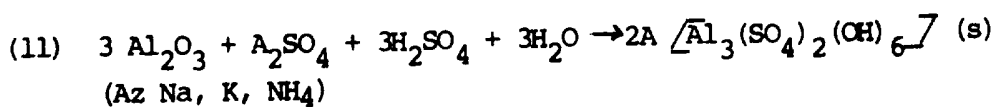
Aluminiumsulfaattia käytettäessä aluminium saostuu hydro-niumaluniittina reaktion (9) mukaisesti.



Aluminiumsulfaatin ohella voidaan myös käyttää Na^- , K^- ja/tai NH_4^- sulfaattia, jolloin saadaan reaktio (10).



Rikkihapon ohella voidaan myös käyttää Na^- , K^- ja/tai NH_4^- -sulfaattia, jolloin saadaan sama sakka kuin edellä, mutta reaktion (11) mukaan.



Kuten rikkihappo, voidaan myös alkalimetalli- ja ammonium-ionit palauttaa takaisin kiertoon.

Keksinnön mukaista menetelmää ja sillä saavutettavia tuloksia selostetaan lähemmin seuraavissa esimerkeissä.

Esimerkki 1

Öljyteollisuuden käytettyä rikinpoistokatalyyttiä pasutettiin hapettavasti noin 560°C :een lämpötilassa hiili- ja rikkiyhdisteiden polttamiseksi. Pasutettu katalyyttijäte murskattiin ja jauhettiin.

Jauhettua katalyyttijätettä otettiin 500 g ja lietettiin 1,5 litraan vettä, johon oli lisätty 458 g rikkihappoa. Seos vietiin autoklaaviin ja käsiteltiin siellä 200°C :een lämpötilassa 2 tunnin ajan. Kokonaispaine oli 15 baaria. Käsittelyn jälkeen liuos erotettiin kiintoaineesta. Kiintoaine pestiin vedellä. Lähtömateriaalin, loppuliuksen ja loppusakan analyysit sekä koboltin ja molybdeenin saannot liuosfaasiin käyvät ilmi taulukon 1 sarakkeelta "koe n:o 1".

Esimerkit 2-5

Esimerkkien 2-5 kokeet tehtiin esimerkin 1 mukaisesti. Koeolosuhteet ja -tulokset ovat taulukon 1 sarakkeissa "koe n:o 2-5".

Esimerkki 6

Esimerkkien 1-5 tavalla muodostetuille liuoksille, joihin oli liitetty H_3O -aluniitin pesussa muodostuneita pesuvesiä, suoritettiin koboltin ja molybdeenin erotus saostamalla koboltti natriumhydroksidilla kobolttihydroksidina molybdeenin jäädessä Na_2MoO_4 :nä liuokseen. Saostus suoritettiin jatkuvana ajona kaksiosaisessa reaktorisysteemissä (RI ja RII), joissa kummassakin liuoksen viive oli 2 h. Lämpötila reaktorissa oli välillä $85-90^{\circ}\text{C}$ ja NaOH -pitoisuus 20-40 g/l. Lisäksi reaktoreissa oli ilmakuplitus syöttöliuoksessa olevan ferroraudan hapettamiseksi ferrimuotoon. Koeolosuhteet ja -tulokset selviävät taulukosta 2.

63599

Esimerkki 7

Esimerkkien 1-5 tavalla muodostunutta H_3O -aluniittipohjaista loppusakkaa käsiteltiin termisesti. Lämpötila oli $900^{\circ}C$ ja käsittelyaika 2 h.

Lähtömateriaalin ja lopputuotteen analyysit olivat:

	Al %	Mo %	Co %	S %
Lähtömateriaali	21,5	0,30	0,04	
Lopputuote	46,3	0,65	0,09	0,48

Esimerkki 8

Esimerkkien 1-5 tavalla muodostunutta H_3O -aluniittipohjaista loppusakkaa käsiteltiin termisesti. Lämpötila oli $1200^{\circ}C$ ja käsittelyaika 2 h.

Lähtömateriaalin ja lopputuotteen $\alpha-Al_2O_3$:n analyysit olivat:

	Al %	Mo %	Co %	S %	V %
Lähtömateriaali	21,5	0,03	0,04	-	-
Lopputuote $\alpha-Al_2O_3$	52,0	0,05	0,1	< 0,1	0,003

Taulukko 1 Esimerkkien 1-5 kokeet

Koe n:o	Lähtösakka			Lähtöliuos		Koeolosuhteet			Loppuliuos				Loppusakka			Saanto								
	g	Co	Mo	Al	V	H ₂ SO ₄	T	P	t	h	ml	V	Co	Mo	Al	H ₂ SO ₄	SiO ₂	g	Co	Mo	Al	Co	Mo	
																								%
1	500	1,8	7,3	37,0	1500	458	200	15	2			1040	7,4	22,7	3,1	26,0			846	0,035	0,35	22,0	97	92
2	500	1,8	7,3	37,0	1500	420	200	15	2			1020	10,3	30,4	2,4	pH 1,6			821	0,05	0,35	21,8	95	92
3	500	1,8	7,3	37,0	1500	420	180	8,5	2			1080	9,8	29,2	2,8	pH 1,3	2,0		825	0,045	0,40	21,5	96	89
4	500	1,9	7,0	38,0	1500	445	220	23	2			1030	8,4	19,6	4,7	pH 1,5			813	0,035	0,37	21,5	97	92
5	500	2,2	6,8	38,5	1500	458	200	15	2			1050	8,7	24,7	3,3	pH 1,6			810	0,027	0,21	22,2	98	95

Huom.: käytetty edellisen kokeen pesuvettä lähtöliuoksessa

63599

Taulukko 2

Kobolttin ja molybdeenin erotus hydroksidisaostuksella esimerkkinä 1-5 tyyppisissä kokeissa muodostuneista liuoksista

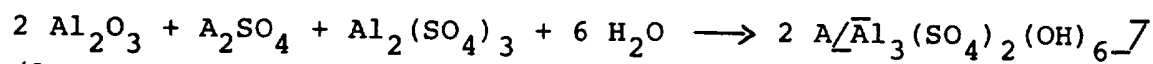
Näyte n:o	Syöttö RI:een*							RI*			RII*											
	Syöttöliuos					NaOH		Ilma m ³	T °C	Liuos			T °C	Liuos			Sakka					
	ml	Co	Mo	Al	Fe	ml	g			Co	Mo	Al		NaOH	Co	Mo	Al	NaOH	Co	Mo	Al	Fe
	h	g/l				h	h	g/l			g/l			g								
1	250	3,2	13,7	0,51	1,2	20	9,4	5,4	86	< 0,01	14,8	0,02	35,4	85	< 0,01	14,1	0,51	35,9	37,3	0,24	4,7	12,9
2	290	5,1	15,0	0,72	2,1	20	9,4	4,7	89	< 0,01	15,9	0,40	26,0	89	< 0,01	17,5	0,40	32,0	36,4	0,25	3,5	12,9
3	246	4,3	14,7	1,5	1,9	18	8,3	6,0	85	< 0,01	15,3	0,8	23,0	85	< 0,01	16,7	0,7	25,0	35,1	0,25	4,3	14,7
4	232	3,6	11,5	0,5	1,5	22	9,8	2,2	87	< 0,01	11,8	0,65	39	85	< 0,01	12,4	0,7	38	28,1	0,57	6,3	11,9
5	238	4,0	12,1	0,5	1,6	22	9,8	2,7	87	< 0,01	12,5	0,54	35	90	< 0,01	13,3	0,7	36	30,4	0,41	5,1	11,1

*RI ja RII sarjaankytkettyjä reaktoreita.

Patenttivaatimukset

1. Tapa ottaa talteen arvoaineita, kuten kobolttia, nikkeliiä, vanadiinia, molybdeenia ja/tai aluminiumia pasute-
tuista raakaöljyn rikinpoistokatalyyttijätteistä liuotta-
malla hienoksijaettua pasutusjätettä korotetussa lämpötilas-
sa ja erottamalla arvoaineita liuoksesta, t u n n e t t u
siitä, että pasutusjätettä käsitellään yhdessä vaiheessa
yli 100°C:n lämpötilassa niin suurella määrällä rikkihapon,
aluminium-, alkalimetalli- ja/tai ammoniumsulfaatin vesi-
liuosta, että arvometallit olennaisesti liukenevat ja alu-
minium saostuu aluniittina, liuos erotetaan aluniittisakas-
ta ja aluminium otetaan talteen aluniittisakasta.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen tapa, t u n n e t t u
siitä, että pasutusjätettä käsitellään 180-220°C:n lämpö-
tilassa.
3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen tapa, t u n n e t-
t u siitä, että pasutusjätettä käsitellään niin suurella
määrällä rikkihapon, aluminium-, alkalimetalli- ja/tai
ammoniumsulfaatin vesiliuosta, että liuoksen rikkihappopi-
toisuus vaiheen lopussa on 2-30 g/l.
4. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen tapa,
t u n n e t t u siitä, että pasutusjätettä käsitellään
reaktioon $5 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 4 \text{ Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 27 \text{ H}_2\text{O} \longrightarrow$
 $6 \text{ H}_3\text{O}[\overline{\text{Al}}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]$ nähden vähintään ekvivalenttisella
määrällä aluminiumsulfaatin vesiliuosta.
5. Jonkin patenttivaatimuksista 1-3 mukainen tapa, t u n-
n e t t u siitä, että pasutusjätettä käsitellään reaktioon
 $3 \text{ Al}_2\text{O}_3 + \text{A}_2\text{SO}_4 + 3 \text{ H}_2\text{SO}_4 + 3 \text{ H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{ A}[\overline{\text{Al}}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]$
(A = Na, K, NH₄) nähden ainakin ekvivalenttisella määrällä
alkalimetalli- ja/tai ammoniumsulfaatin ja rikkihapon vesi-
liuosta.

6. Jonkin patenttivaatimuksista 1-3 mukainen tapa, t u n-
n e t t u siitä, että pasutusjätettä käsitellään reaktion



(A = Na, K, NH₄) suhteen ainakin ekvivalenttisella mää-
rällä alkalimetalli- ja/tai ammoniumsulfaatin ja aluminium-
sulfaatin vesiliuosta.

7. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen tapa,
t u n n e t t u siitä, että erotettua aluniittisakkaa
käsitellään ainakin 900°C:n ja edullisesti 1150-1250°C:n
lämpötilassa sen termiseksi hajottamiseksi.

Patentkrav

1. Sätt att återvinna värdemetaller såsom kobolt, nickel, vanadin, molybden och/eller aluminium från kalcinerade katalysatorrester från avsvavling av råolja genom att laka den finfördelade kalcineringsåterstoden vid förhöjd temperatur och avskilja värdemetallerna från lösningen, k ä n n e t e c k n a t av att kalcineringsåterstoden behandlas i ett steg vid en temperatur över 100°C med en så stor mängd av en vattenlösning av svavelsyra, aluminium-, alkalimetall- och/eller ammoniumsulfat att värdemetallerna väsentligen löser sig och aluminiumet utfälls som alunitt, lösningen avskiljes från alunittfällningen och aluminiumet återvinnes ur alunittfällningen.
2. Sätt enligt kravet 1, k ä n n e t e c k n a t av att kalcineringsåterstoden behandlas vid en temperatur på $180-220^{\circ}\text{C}$.
3. Sätt enligt kravet 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a t av att kalcineringsåterstoden behandlas med en så stor mängd av en vattenlösning av svavelsyra, aluminium-, alkalimetall- och/eller ammoniumsulfat att lösningens svavelsyrakoncentration i stegets slut är 2-30 g/l.
4. Sätt enligt något av de föregående kraven, k ä n n e t e c k n a t av att kalcineringsåterstoden behandlas med en i avseende å reaktionen $5 \text{Al}_2\text{O}_3 + 4 \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 27 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 6 \text{H}_3\text{O}^+ \text{Al}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6^-$ åtminstone ekvivalent mängd av en vattenlösning av aluminiumsulfat.
5. Sätt enligt något av kraven 1-3, k ä n n e t e c k n a t av att kalcineringsåterstoden behandlas med en i avseende å reaktionen $3 \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{A}_2\text{SO}_4 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 + 3 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{A}^+ \text{Al}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6^-$ (A = Na, K, NH_4) åtminstone ekvivalent mängd av en vattenlösning av en alkalimetall- och/eller ammoniumsulfat och svavelsyra.

6. Sätt enligt något av kraven 1-3, k ä n n e t e c k -
 n a t av att kalcineringsåterstoden behandlas med en i
 avseende å reaktionen $2 \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{A}_2\text{SO}_4 + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 6 \text{H}_2\text{O}$
 $\longrightarrow 2 \text{A}[\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]^-$ (A = Na, K, NH_4) åtminstone
 ekvivalent mängd av en vattenlösning av en alkalimetall-
 och/eller ammoniumsulfat och aluminiumsulfat.

7. Sätt enligt något av de föregående kraven, k ä n n e -
 t e c k n a t av att den avskilda alunittfällningen behand-
 las vid en temperatur på åtminstone 900°C och fördelaktigen
 $1150-1250^\circ\text{C}$ för termisk sönderdelning därav.

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

-