

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

199535
(11) (B2)

(22) Přihlášeno 12 08 70
(21) [PV 5592-70]

(32) (31) (33) Právo přednosti od 12 08 69
[6927701] Francie

(40) Zveřejněno 31 10 79

(45) Vydáno 15 06 83

(51) Int. Cl.³
C 01 G 49/00
(C 01 G 49/00,
51/00, 53/00)

(72) (73)
Autor vynálezu
a současně
majitel patentu

GANDON LOUIS, LENOBLE PHILIPPE a BOZEC CHRISTIAN,
LE HAVRE (Francie)

(54) Způsob oddělování kovů

1

Vynález se týká způsobu oddělování kovů, obsažených ve vodném roztoku ve formě chloridů, přičemž jde o železo, nikl a kobalt. Tyto kovy jsou obsaženy v průmyslových roztocích chloridů, které pocházejí například ze zpracování niklu.

Oddělování železa a kobaltu, které jsou hlavně obsaženy v roztocích chloridu niklu, se provádí známými postupy. Nejstarší z nich spočívá ve vysrážení železa a kobaltu ve formě trojmocných kysličníků po oxidaci chloridových roztoků s kontrolou hodnoty pH. Jiné, pozdější postupy používají pevných měničů iontů, jako například pryskyřice nebo kapalných měničů iontů, jako například terciárních aminů s dlouhým řetězcem nebo kvarternizovaných aminů. V případě kapalných měničů iontů opět dochází k extrakci kapalina/kapalina, přičemž samotné aktivní činidlo je zředěno v rozpouštědle málo mísitelném nebo nemísitelném s vodou, schopném absorbovat komplex a udržet ho ve stabilní formě. Rovněž bylo navrženo používat minerální měniče iontů, jako například fosforečnany titanu, jejichž nevýhodou je skutečnost, že snadno hydrolyzují.

Všechny uvedené postupy mají nedostatky, které způsobují, že jejich průmyslové využití je buď pracné, nebo nejisté. Při nejstarším postupu vysrážení železa a kobaltu oxi-

2

dací prostřednictvím ozónu, chloru nebo chlornanů se naráží na značné obtíže, které spočívají v tom, že se hydroxidy vysrážejí hlavně v koloidní formě, přičemž filtrace těchto hydroxidů je velmi obtížná, a dále v tom, že se z takto vysrážených roztoků odnáší podstatné množství niklu, adsorbované v uvedené sraženině.

V případě materiálů, které působí jako měniče iontů, ať jde o anexové pryskyřice typu kvartérních amoniových derivátů polystyrenu, nebo o kapalně aminy, je třeba k vytvoření chloridových komplexních aniontů přidat chlorační činidlo, obecně volnou kyselinu chlorovodíkovou, což vede ke značným technologickým potížím při praktickém provádění tohoto postupu. Navíc bude oddělený roztok chloridu niklu nasycen kyselinou chlorovodíkovou, kterou nelze prakticky oddělit. Kromě obtíží při dopravě takových kyselých roztoků je nemožné počítat se zpracováním niklu klasickou cestou, jako například elektrolýzou na nerozpustných anodách nebo redukcí vodíkem pod tlakem. Nicméně nelze popřít, že bez obtíží plynoucích z použití volné kyseliny chlorovodíkové by oddělování extrakcí kapalina/kapalina mělo zřejmé výhody, vzhledem ke snadnosti provedení a k možnosti provádět čisticí operace plynulým a kontrolovatelným způsobem. Ko-

vové prvky schopné tvořit komplexní chloridy, jako například kobalt, mohou být selektivně extrahovány z vodné fáze do organické fáze, obsahující komplexotvorné činidlo, a potom znovu získány vymytím této organické fáze vodou. Výsledná vodná fáze z této extrakce obsahuje nikl ve formě chloridu bez značné změny jeho koncentrace v důsledku extrakční operace.

Dále je známo použít sulfoniové soli jako komplexotvorné činidlo k separaci kovů ve vodném roztoku. Při tomto známém postupu musí vodná fáze určená k vyčištění tvořit silně kyselé prostředí. Například k separaci vodného roztoku chloridů niklu a kobaltu musí vodná fáze obsahovat 200 až 400 g volné kyseliny chlorovodíkové na litr roztoku. Roztok určený k separaci proto nemůže být značně koncentrován solemi niklu a kobaltu.

Navíc je podle tohoto známého postupu nutné, k dosažení optimálního účinku komplexotvorného činidla, pracovat s poměrně polárním organickým rozpouštědlem. Tento druh organického rozpouštědla není vždy použitelný pro organickou extrakční fázi, zvláště ne tehdy, kdy je žádoucí zpracovat vodnou fázi s vysokou hustotou.

Uvedené nevýhody odstraňuje způsob oddělování kovů ze skupiny železa, niklu a kobaltu ve vodném roztoku selektivní extrakcí kapalina/kapalina mezi vodnou fází, obsahující chloridy těchto kovů, a organickou fází, obsahující sulfoniovou sůl v roztoku organického rozpouštědla, které je omezeně mísitelné s vodou, přičemž alespoň jeden kov selektivně přechází z vodné fáze do organické fáze, podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že se na neutrální vodnou fázi, která obsahuje chloridy uvedených kovů a má celkovou koncentraci chloridových iontů nejméně rovnou 7 gramekvivalentů/l roztoku, působí organickou fází, přičemž poměr organické fáze: vodné fáze se rovná 1:2 až 10:1 a organické rozpouštědlo v organické fázi je lehké nepolární rozpouštědlo ze skupiny zahrnující estery, například acetáty a propionáty butylnaté, amylnaté, jako octan butylnatý, étery, například dibutyléter, a ketony, například metylisopropylketon, metylisobutylketon, načež se získaná organická fáze, obsahující například chlorid kobaltnatý, promyje další vodnou fází, tvořenou vodou nebo vodou okyselenou kyselinou chlorovodíkovou, přičemž poměr této organické fáze k druhé vodné fázi se rovná 1:1 až 40:1.

Dále se při způsobu oddělování kovů podle vynálezu může organická fáze regenerovaná druhou vodnou fází převádět do dalšího alespoň jednoho extrakčního stupně.

U způsobu oddělování kovů podle vynálezu se může na neutrální vodnou fázi, která obsahuje chlorid nikelnatý a chlorid kobaltnatý, působit organickou fází nejméně ve dvou oddělených stupních a získané oddělené organické fáze se postupně regenerují je-

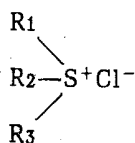
dinou druhou vodnou fází do hodnoty koncentrace chloridu kobaltnatého v druhé vodné fázi 130 g/l.

Výhodou způsobu oddělování kovů podle vynálezu je, že není již nezbytné dodávat chloridové ionty ve formě kyseliny chlorovodíkové k usnadnění přechodu chlorokobaltitého nebo chloro-železitého komplexu do organické fáze.

Organické rozpouštědlo použité při oddělování kovů podle vynálezu je rozpouštědlo lehké, nechlorované a omezeně mísitelné nebo nemísitelné s vodou, jako jsou například ester, éter nebo keton s nízkou molekulární hmotností. Spojený účinek organického rozpouštědla tohoto druhu a vhodné koncentrace komplexotvorného činidla k vytvoření extrakční organické fáze způsobuje značné snížení ztrát komplexotvorného činidla během extrakčního postupu.

Podle vynálezu je tudíž možné použít k separaci chloridů niklu a kobaltu ve vodném koncentrovaném roztoku sulfoniové soli prakticky v nepřítomnosti volné kyseliny chlorovodíkové a při použití organického rozpouštědla, schopného zajistit dobrou separaci mezi vodnou a organickou fází a vhodný extrakční stupeň s minimem ztrát komplexotvorného činidla.

Komplexotvorným činidlem je alkylsulfoniumchlorid, odpovídající obecnému vzorci:



ve kterém

R_1 představuje methyl a

R_2 a R_3 představují každý alkyl s celkovým počtem atomů uhlíku 7 až 13.

Komplexotvorným činidlem je výhodně di-sek-(alkyl C_8 až C_{10})methylsulfoniumchlorid, zejména di-sek-decylmethylsulfoniumchlorid.

Komplexotvorné činidlo je rozpuštěno v organickém rozpouštědle omezeně mísitelném nebo nemísitelném s vodou, s výhodou v esteru alkoholu se střední molekulární hmotností, jako například v acetátech a propionátech butylnatých, amylnatých a hexylnatých, nebo také v ketonu, jako například v metylisopropylketonu, metylisobutylketonu a diisobutylketonu, nebo také v éteru, jako například v dibutyléteru, anebo konečně ve směsi jiných organických rozpouštědel s uvedenými organickými rozpouštědly. Nicméně halogenovaná rozpouštědla, jako například 1,2-dichlorethan, chloroform, trichloretylen, bromoform a dichlorbenzen, jsou rovněž k danému účelu vhodná.

Vodné roztoky určené ke zpracování podle vynálezu pocházejí hlavně z rafinačního

zpracování niklu. Jsou to například koncentrované roztoky získané rozpouštěním kyselinou chlorovodíkovou vedlejších produktů, pocházejících z vyloučení hlavně kobaltu z roztoků niklu buď oxidací, nebo sulfurací, věho kamínku během zpracování chloracidů vodou, které sloužily k proprání niklového kamínku během zpracování chloratočným tavením. Může přirozeně jít i o produkty pocházející z působení chloru nebo kyseliny chlorovodíkové na libovolný materiál s obsahem niklu, jako například použité katalyzátory a rudy nebo slitiny obsahující zároveň nikl a kobalt.

Při způsobu oddělování kovů podle vynálezu se vodná fáze, tvořená vodným roztokem chloridů kovů, uvede za mechanického míchání do styku s organickou fází, obsahující komplexotvorné činidlo a organické rozpouštědlo, kterým je s výhodou octan butylatý, po dobu nepřesahující 5 minut a při poměru objemů organická fáze ku vodné fázi rovném 1:2 až 10:1, s výhodou 1:1 až 3:1. Směs se potom nechá v klidu po dekantaci se obě fáze oddělí. Organická fáze obsahující chlorid kobaltu se propere druhou vodnou fází, obsahující vodu, popřípadě mírně okyselenou kyselinou chlorovodíkovou, v poměru objemu organická fáze ke druhé vodné fázi rovném 1:1 až 40:1, přičemž tato operace poskytne regenerovanou organickou fází a vodnou fází s obsahem kobaltu a tím vyšší koncentrací chloridu kobaltu, čímž je poměr objemů organické fáze k vodě během promývání. Tímto způsobem regenerovaná organická fáze může být znovu použita k další extrakci. Vodná fáze s obsahem kobaltu může být rovněž použita k dalšímu vymytí organické fáze až do hodnoty koncentrace chloridu kobaltu 130 g chloridu kobaltnatého na litr. Tyto operace se výhodně provádějí při teplotě místnosti, avšak rovněž teploty vyšší nebo nižší mohou být v daném případě použity.

Uvedený postup podle vynálezu představuje nejjednodušší způsob oddělování kovů podle vynálezu, přičemž je samozřejmě možné, aniž je překročen rámec vynálezu, uplatnit modifikované způsoby provedení, jako například protiproudou extrakci v extraktorech typu plněných kolon, kolon s rotačním diskem, pulsačních kolon, odstředivých multietážových extraktorů nebo vícenásobných hydrocyklónů.

Výhodně se způsob podle vynálezu aplikuje při zpracování roztoků chloridů pocházejících ze zpracování niklu, přičemž tyto roztoky obsahují nikl a kobalt ve vzájemném hmotnostním poměru 6:1 až 1:2, avšak této techniky může být použito s výhodou při čištění roztoků chloridu nikelnatého s mnohem

menší koncentrací kobaltu, obsahujících například 40 hmot. dílů niklu na 1 hmot. díl kobaltu.

Koncentrace komplexotvorného činidla v organické fázi se může pohybovat mezi 0,2 až 1 mol/litr, výhodně mezi 0,3 až 0,5 molu na litr, přičemž je třeba vzít v úvahu, že při nízkých koncentracích je selektivita vůči chloridovému komplexu vyšší, avšak dochází k významné ztrátě komplexotvorného činidla, zatímco při vyšších koncentracích je selektivita nižší, nicméně ztráty komplexotvorného činidla jsou rovněž nižší.

Způsob oddělování kovů podle vynálezu je vysvětlen prostřednictvím dále uvedených příkladů provedení, které jsou uvedeny pouze ilustrativně a rozsah vynálezu nikterak neomezuje.

Příklad 1

Vliv rozpouštědla

V podstatě neutrální roztok chloridů, obsahující 152 g/l niklu a 25,2 g/l kobaltu, tj. o koncentraci chloridových iontů 6 ekvivalentů/litr a hmotnostním poměru Ni/Co rovném asi 6, byl získán rozpouštěním kyselinou chlorovodíkovou kalu pocházejícího ze selektivní oxidace kobaltu chlornanem sodným, během zpracování nečistého roztoku síranu nikelnatého, pocházejícího z působení kyseliny sírové na odpad s obsahem niklu a bohatým na kobalt.

Během série srovnávacích pokusů bylo vždy 500 ml tohoto roztoku uvedeno do styku v dělicí nálevce s 1 litrem organické fáze, tj. roztoku obsahujícího 0,3 molu di-sek-decylmethylfoniumchloridu v jednom z organických rozpouštědel ze skupiny zahrnující 1,2-dichlorethan, trichloretylén, bromoform, 1,2-dichlorbenzen, octan butylatý a směs 75 % trichloretylénu a 25 % bromoformu. Po jednominutovém mechanickém míchání se směs nechá dekantovat. Časy dekantace a vyjasnění obou fází se zaznamenají, načež se fáze oddělí. Organická fáze se promyje druhou vodnou fází, tj. 500 ml vody mírně okyselené kyselinou chlorovodíkovou, načež se stanoví stupeň separace analýzou vodné fáze získané po této poslední operaci. Ztráty aktivního materiálu vzniklé stržením do vodných fází se vyhodnotí stanovení procentního obsahu sulfoniové sloučeniny před extrakční operací a po ní.

Získané výsledky jsou shrnuty v tab. I, ve které je extrakční kapacita sulfoniové sloučeniny vyjádřena v gramech kobaltu vztaženo na 1 kg surové aktivní hmoty, dodávané v koncentraci 2 ekvivalentů na kg.

Tabulka I

Rozpouštědlo	Doba dekantace fází (min)	Selektivita přechodu kovů do organické fáze $\left(\frac{\text{hmotnost kobaltu}}{\text{hmotnost niklu}} \right)$	Extrakční kapalina (g kobaltu na kg aktivního materiálu)	Ztráty (kg aktivního materiálu na kg extrahovaného kobaltu)
1,2-dichloroetan	10	>1000	48	3,0
trichloretylén	7	8	40	2,0
bromoform	3	>1000	37	2,5
1,2-dichlorbenzen	12	12	48	1,0
trichloretylén plus bromoform (75:25 objemově)	3	>1000	40	1,5
octan butylnatý	3	3	38	0,1

Jak ukazuje tabulka I, povaha organického rozpouštědla ovlivňuje nejen selektivitu, ale i ztráty komplexotvorného činidla a časy dekantace. Z tabulky je zřejmé, že octan butylnatý, i když nezaručuje znamenitou selektivitu vzhledem ke kobaltu, umožňuje naproti tomu snížit ztráty aktivního materiálu významným způsobem, přičemž oddělení fází je zvláště rychlé a účinné.

Je samozřejmé, že bude-li extrakce provedena protiproudě a v několika patrech, dosáhne se ještě zlepšené selektivity.

Navíc, jak je zřejmé z následujících příkladů provedení, nejsou podmínky tohoto příkladu provedení optimální, co se týče selektivity.

Příklad 2

Vliv koncentrace komplexotvorného činidla v organické fázi

1 objemový díl neutrálního roztoku chloridů, obsahujícího 137 g/l niklu a 70 g kobaltu, tj. hmotnostní podíl Ni/Co je rovný v podstatě 2 a koncentrace činí 7 ekvivalentů iontů Cl^- /litr, se uvede ve styk v dělicí nálevce s dvěma objemovými díly organického roztoku téže sulfoniové sloučeniny, rozpuštěné v octanu butylnatém v koncentracích 0,3 až 0,4 a 0,5 molu na litr. Směs se míchá 1 minutu a potom se nechá dekantovat. Obě fáze se rozdělí a provede se jejich analýza, přičemž výsledky extrakce jsou uvedeny v tabulce II.

Tabulka II

Koncentrace sulfoniového derivátu v octanu butylnatém	Selektivita přechodu kovů do organické fáze $\left(\frac{\text{hmotnost kobaltu}}{\text{hmotnost niklu}} \right)$	Kapacita / g Co na kg aktivního materiálu
0,3 M	40	52
0,4 M	12	48
0,5 M	7	32

Z tabulky II je zřejmé, že když koncentrace komplexotvorného činidla v organické fázi stoupá, klesá současně citelně selektivita sulfoniové sloučeniny vůči kobaltu. Stejně je tomu s absorpční kapacitou, vyjádřenou hmotností kobaltu, zadržanou 1 kg aktivní hmoty.

Příklad 3

Vliv koncentrace roztoku určeného k vyčištění

Příklady 1 a 2 ukazují, že optimální koncentrace komplexotvorného činidla rozpuštěného v octanu butylnatém je 0,3 molu/litr. Pro tuto koncentraci 0,3 M stejného sulfoniového derivátu se v tomto příkladu provedení mění koncentrace roztoku určeného k čištění, tvořeného směsí chloridu nikelnatého a chloridu kobaltnatého v hmotnostním poměru $\text{Ni}:\text{Co} = 1,7$ a s koncentrací iontů Cl^- 5,5 až 9,5 ekvivalentů/litr. Během extrakce je objemový poměr organické fáze: vodné fáze rovný 3. Níže uvedená tabulka III shrnuje výsledky extrakce.

Tabulka III

Koncentrace zpracovaného vodného roztoku (ekvivalenty Cl^-/l)	Kovy přešlé do organické fáze hmotnost kobaltu ($\frac{\text{hmotnost kobaltu}}{\text{hmotnost niklu}}$)	Kapacita / g Co na kg aktivní hmoty
5,5	1,6	20
6,3	2	28
7,3	15	45
7,9	>1000	53
8,8	>1000	56
9,5	>1000	62

Z předcházející tabulky je zřejmé, že koncentrace solí, vyjádřená ionty Cl^- , je rozhodujícím faktorem. Selektivita s růstem této koncentrace velmi rychle roste a stává se za podmínek podle příkladu 3 znamenitou při obsahu iontů Cl^- vyšším než 7 ekvivalentů/litr.

Příklad 4

Význam hmotnostního poměru Ni : Co pro selektivitu extrakce

Použije se roztoku téhož sulfoniového derivátu v octanu butylnatém o koncentraci 0,3 molu/litr s objemovým poměrem organické fáze k vodné fázi rovným 2. Za uvedených podmínek se mění hmotnostní poměr Ni : Co v solném roztoku, směsi chloridu kobaltnatého a chloridu nikelnatého, majícím konstantní koncentraci iontů Cl^- rovnou 7 ekvivalentům/litr.

Tabulka IV shrnuje výsledky extrakce.

Tabulka IV.

Hmotnostní poměr Ni : Co ve zpracovaném vodném roztoku	Kovy přešlé do organické fáze hmotnost kobaltu ($\frac{\text{hmotnost kobaltu}}{\text{hmotnost niklu}}$)	Kapacita / g Co na kg aktivní hmoty
0	>1000	66
0,5	>1000	60
2	40	51
6	5	42

Z tabulky IV je zřejmé, že selektivita klesá tou měrou, jak roste hmotnostní poměr Ni : Co ve zpracovávaném roztoku. Práh zvratu selektivity vůči kobaltu se pohybuje mezi hmotnostními poměry Ni : Co rovnými 2 a 6.

Příklad 5

Vliv hmotnostního poměru organické fáze k vodné fázi

Použije se roztoku z příkladu 3, jehož hmotnostní poměr Ni : Co je roven 1,7 a jehož koncentrace iontů Cl^- je 7 ekvivalentů/litr. Mění se objemový poměr mezi organickou a vodnou fází, přičemž koncentrace komplexotvorného činidla v organické fázi je zachována na 0,3 molu/litr. Objemové poměry mezi oběma fázemi byly studovány pro hodnoty mezi 2 a 8. Tabulka V shrnuje výsledky extrakce.

Tabulka V

Poměr objemů organická fáze vodná fáze	Hodnoty kovů přešlé do organické fáze hmotnost kobaltu ($\frac{\text{hmotnost kobaltu}}{\text{hmotnost niklu}}$)	Kapacita / g kobaltu na kg aktivní hmoty
2	800	55
3	10	43
4	6	39
5	3	31
8	1,4	22

Z takulky V je zřejmé, že selektivita vůči kobaltu klesá se vzrůstající hodnotou objemového poměru organické fáze k vodné fázi.

Příklad 6

Průběh operací pro separaci kobaltu a niklu v typickém chloridovém roztoku průmyslového zpracování

Kaly pocházející ze zpracování roztoku soli niklu během čištění srážením hlavně kobaltu byly zcela rozpuštěny v koncentrované kyselině chlorovodíkové. Neutrální roztok získaný asi při 60 °C obsahoval 178 g/l niklu a 101 g/l kobaltu, tj. koncentrace Cl^- iontů činila 9,5 ekvivalentů/litr.

S ohledem na výsledky předcházejících příkladů provedení zpracovává se tento neutrální vodný roztok v několika extrakčních stupních, jak je to uvedeno v dále uvedené tab. VI. Mezi každým extrakčním stupněm se upraví koncentrace vodné fáze odpařením na původní koncentraci chloridových iontů, přičemž je tato koncentrace kontrolována měřením hustoty; organická fáze byla promyta druhou vodnou fází, tj. vodou mírně okyselenou kyselinou chlorovodíkovou, což má za

následek jednak uvolnění kobaltu ve formě vodného chloridového roztoku, jednak regeneraci aktivní hmoty obsažené v octanu butylnatém. Organická fáze byla dále použita v dalším extrakčním stupni.

Dále uvedená tabulka VI ukazuje názorným způsobem účinnost způsobu oddělování kovů podle vynálezu, který umožňuje již v šesti extrakčních stupních snížit hmotnostní poměr Co : Ni ve zpracovávaném roztoku niklu z 0,57 na 0,0095, přičemž 98,3 % kobaltu je extrahováno ve formě vodného roztoku, obsahujícího 0,57 hmotnostního % niklu, počítáno vzhledem k obsahu kobaltu. Sedmý extrakční stupeň umožňuje ještě snížit obsah kobaltu v roztoku niklu, neboť hmotnostní poměr Co : Ni v konečném roztoku činí 0,000625; nicméně tento poslední výsledek byl získán na úkor čistoty roztoku kobaltu, odpovídajícího tomuto sedmému extrakčnímu stupni.

Toto však není na závadu, neboť organická fáze obsahující kobalt znečištěný niklem může být recyklována bez nesnází na úroveň prvního extrakčního stupně. Během tohoto stupně se nikl nahradí kobaltem, obsaženým v původním surovém roztoku určeném k vyčištění.

Tabulka VI

Extrakční stupeň	Poměr objemů ($\frac{\text{organická fáze}}{\text{vodná fáze}}$) počáteční stav	Obsah vodná fáze		Obsah organická fáze		Extrahováno kobaltu (%)
		nikl 213	kobalt 121	nikl —	kobalt —	
1.	3	213	88,49	0,00	32,51	26,9
2.	3	212,75	58,35	0,25	30,14	24,9
3.	2	212,75	39,38	0,00	18,97	15,7
4.	2	212,65	23,02	0,10	16,36	13,5
5.	2	212,37	8,39	0,28	14,36	12,1
6.	1	212,32	2,02	0,05	6,37	5,2
		Dílní souhrn		0,68	118,98	98,3
7.	1	207,86	0,13	4,46	1,89	1,6
		Souhrn		5,14	120,87	99,9

V regenerované organické fázi byl stanoven obsah di-sek-(alkyl C_{10})methylsulfoniumchloridu a bylo konstatováno, že jeho ztráty stržením do vodných roztoků a degradací jsou velmi nízké, a to nižší než 0,05 kg na kg extrahovaného kobaltu.

Uvedený postup je vhodný pro extrakční procesy kapalina/kapalina, prováděné protiproudě, které umožňují získat ekvivalentní výsledky pro omezený počet extrakčních stupňů.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob oddělování kovů ze skupiny železa, niklu a kobaltu ve vodném roztoku selektivní extrakcí kapalina/kapalina mezi vodnou fází, obsahující chloridy těchto kovů, a organickou fází, obsahující sulfoniovou sůl v roztoku organického rozpouštědla, které je omezeně mísitelné s vodou, přičemž alespoň jeden kov selektivně přechází z vodné fáze do organické fáze, vyznačující se tím, že se na neutrální vodnou fází, která obsahuje chloridy uvedených kovů a má celkovou koncentraci chloridových iontů alespoň rovnou 7 gramekvivalentům/litr roztoku, působí organickou fází, přičemž poměr organické fáze k vodné fázi se rovná 1:2 až 10:1 a organické rozpouštědlo v organické fázi je lehké nepochlupné rozpouštědlo ze skupiny zahrnující estery, například acetáty a propionáty butylnaté, amylnaté, jako octan butylnatý, étery, například dibutyléter a ketony, například metylisopropylketon, metyl-

isobutylketon, načež se získaná organická fáze, obsahující například chlorid kobaltnatý, promyje další vodnou fází, tvořenou vodou nebo vodou okyselenou kyselinou chlorovodíkovou, přičemž poměr této organické fáze k druhé vodné fázi se rovná 1:1 až 40:1.

2. Způsob podle bodu 1, vyznačující se tím, že se organická fáze regenerovaná druhou vodnou fází plynule převádí do dalšího alespoň jednoho extrakčního stupně.

3. Způsob podle bodu 1 a 2, vyznačující se tím, že se na neutrální vodnou fází, která obsahuje chlorid nikelnatý a chlorid kobaltnatý, působí organickou fází alespoň ve dvou oddělených stupních a získané oddělené organické fáze se postupně regenerují jedinou druhou vodnou fází do hodnoty koncentrace chloridu kobaltnatého 130 g/litr v druhé vodné fázi.