



FEDERÁLNÍ ÚŘAD  
PRO VYNÁLEZY

# POPIS VYNÁLEZU

## K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

271 107

(11)

(13) B1

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>  
C 01 G 43/00

(21) PV 5225-87.G  
(22) Přihlášeno 09 07 87

(40) Zveřejněno 13 10 89  
(45) Vydáno 16 07 91

### (75) Autor vynálezu

KŘEPELKA JAN ing., ČESKÉ BUDĚJOVICE, KROPÁ-  
ČEK JAROSLAV, PROTIVÍN, LASICA ŠTEFAN ing.,  
ČESKÉ BUDĚJOVICE, URBAN PAVEL ing., ZLIV,  
STARÝ PAVEL ing., STRÁNSKÝ JIŘÍ, ČESKÉ BU-  
DĚJOVICE, MALIŠ ALEŠ, ŠVEHLA ADOLF, ZLIV

(54)

Způsob loužení uranových rud účinkem síranu  
železnatého

(57) Způsob je určen pro zpracování urano-  
vých a jiných polymetalických rud. Síran  
železnatý se přidává do rmutu uranové rudy  
v dávkách 2 až 350 kg/t rudy. Ruda se louží  
za podmínek zvýšených teplot 110 až 200 °C  
a tlaků 0,3 až 2,5 MPa. Síran železnatý se  
přidává ve formě suspenze hydratovaných fo-  
rem trojmocného železa, získané tlakovou  
oxidací. Použije se alespoň části kyselé  
formy síranu železnatého  $\text{FeSO}_4 \cdot \text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  od-  
padající z výroby oxidu titaničitého. Kon-  
centrace kyseliny sířevé v loužení se pří-  
padně udržuje pomocí technické kyseliny sí-  
rové. Je možné použít rmut vyloužený kyse-  
linou sírovou za atmosférických podmínek,  
který v kapalně fázi obsahuje složku síranu  
železnatého.

Vynález se týká loužení uranových rud účinkem síranu železnatého.

Při kyselém hydrometalurgickém zpracování chudých uranových rud se obvykle postupuje tak, že rmut rudy je loužen za různých teplot v atmosférickém tlaku a nebo za zvýšeného tlaku účinkem technické kyseliny sírové. Pro zdárné vyloužení komponenty uranu je nutné zajistit oxidaci složky čtyřmocného uranu, která je v určitém množství v rudě vždy přítomna. To se provádí tak, že ke rmutu uranové rudy a nebo přímo do loužicího procesu je dávkováno oxidovadlo. Nejvíce je rozšířeno použití manganové rudy, která se obvykle přidává v potřebných dávkách přímo do uranové rudy před jejím zpracováním. Často se používá také vzdušného kyslíku a to tak, že rmut uranové rudy je pneumaticky míchán, čímž dochází také k oxidaci složky uranu, případně organických látek, pyritů, železa a podobně.

Oxidace vzdušným kyslíkem je výhodná z toho důvodu, že do rmutu nejsou zanášeny další komponenty ovlivňující případně navazující technologické postupy zpracování vylouženého rmutu. Oxidace vzdušným kyslíkem je nejvíce účinná, je-li ruda zpracovávána postupem kyselého tlakového vyluhování. Kyselé tlakové vyluhování uranových rud technickou kyselinou sírovou však klade zvýšené nároky na protikorozi ochranu materiálu, ze kterých jsou technologické aparáty vyrobeny. Pro požadovanou protikorozi ochranu materiálu je nutné v případě použití antikorozičních typů ocelí zajistit oxidační prostředí, které je charakterizováno vysokou hodnotou elektrochemického potenciálu, dosahujícího hodnot -400 mV až -500mV. Pro zajištění těchto potenciálů je nutné při loužení dávkovat zvýšenou dávku oxidovadla, které v daném případě zajišťuje především podmínky protikorozi ochrany aparátů a z vlastního technologického hlediska zvyšuje náklady zpracování. Náklady na technickou kyselinu sírovou a náklady na případné použití přídavného oxidačního činidla představují rozhodující položku ve zpracovatelských nákladech při zpracování uranových rud metodou kyselého loužení.

Uvedené nedostatky do značné míry odstraňuje způsob loužení uranových rud účinkem síranu železnatého podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že se síran železnatý přidává do rmutu uranové rudy v dávkách 2 až 350 kg/t rudy a ruda se louží za podmínek zvýšených teplot 110 až 200 °C a tlaků 0,3 až 2,5 MPa. Výhodným provedením vynálezu je, že se síran železnatý přidá ve formě suspenze hydratovaných forem trojmocného železa, získané tlakovou oxidací a že se použije alespoň části kyselé formy síranu železnatého  $\text{FeSO}_4 \cdot \text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  odpadající z výroby oxidu titaničitého. Koncentrace kyseliny sírové v loužení se případně udržuje pomocí technické kyseliny sírové. S výhodou je také možno použít rmut vyloužený kyselinou sírovou za atmosférických podmínek, který v kapalně fázi obsahuje složku síranu železnatého.

Způsobem loužení uranových rud podle vynálezu se významně snižují zpracovatelské náklady procesu a současně lze získat výhodné složení výluhů, což sníží dále náklad při technologické operaci zpracování rmutů za účelem separace složky uranu. Rmut uranové rudy je při tom loužen účinkem přítomnosti síranu železnatého za podmínek zvýšených tlaků a teplot při provzdušňování rmutu vzdušným kyslíkem. Také je možné postupovat tak, že se pro loužení využije monohydrát síranu železnatého s obsahem kyseliny sírové, který odpadá z výroben oxidu titaničitého. Je možné také využít síranu železnatého vylouženého z rudy účinkem kyseliny sírové v předchozí operaci. Účinkem kyslíku a teploty dochází k rychlému hydrolytickému štěpení síranu železnatého za současné oxidace složky dvojmocného železa na trojmocné. Hydrolytické reakce jsou velmi rychlé, což zajišťuje vysoké hodnoty oxidačních potenciálů roztoků ihned při zahájení vyluhovacího procesu. Důsledkem hydrolyzy je získání výluhů obsahujících minimální koncentrace složky trojmocného železa, což má velký význam při zpracování výluhů sorpcí uranu na iontoměničích po provedeném tlakovém loužení rudy. Kromě toho průběh hydrolytické reakce zajišťuje průběžně tvorbu kyseliny sírové a udržování koncentrace volné kyseliny po celou dobu vyluhovacího procesu. V důsledku tvorby oxidačních složek, síranu železnatého a nerozpustných forem solí trojmocného železa je neobvykle urychlována kinetika vyluhování komponenty uranu z rudy, což má velký ekonomický význam. U vybraných typů uranového zrudnění je současně docilováno i zvýšení výtěžnosti. Výše

uvedeným způsobem lze účinně vyloužit uranové rudy i bez použití přídavku technické kyseliny sírové a oxidovadla. V případě, že uranová ruda pro dosažení potřebné výtěžnosti vyžaduje během loužení udržovat koncentrace kyseliny sírové, které by bylo možné zajistit již jen nerealnými dávkami síranu železnatého, je možné nezbytnou koncentraci kyseliny udržovat dávkováním technické kyseliny sírové.

#### Příklad 1

Lehce loužitelná uranová ruda byla loužena za tlaku 1,5 MPa a teploty 150 °C při dávce 300 kg  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  na tunu rudy, při provzdušňování rmutu. Po 20 minutách loužení byl uran z rudy vyloužen ve stejném množství, jako kdyby bylo pro loužení použito technické kyseliny sírové v dávce odpovídající množství kyseliny uvolněné v důsledku hydrolýzy z přidaného síranu železnatého a ruda byla loužena po dobu 5 hodin za stejných podmínek. Po 1 hodině loužení se obsah kyseliny sírové v roztoku prakticky nezměnil, zatímco při loužení technickou kyselinou sírovou poklesl o polovinu. Oxidačně redukční potenciál roztoku činil po 20 minutách -430 mV a po 1 hodině loužení -450 mV a to bez použití oxidovadla. Okamžitě po přidání roztoku síranu železnatého do rmutu bylo v kapalně fázi nalezeno 13,5 g/l  $\text{Fe}^{2+}$  a po 1 hodině loužení klesla koncentrace celkového železa na 1,2 g/l.

#### Příklad 2

Obtížně loužitelný typ uranové rudy byl loužen za tlaku 1,5 MPa a teploty 150 °C při dávce  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  300 kg/t rudy, při provzdušňování rmutu. Po 20 minutách byl uran z rudy vyloužen s výtěžností vyšší o 30 %, než kdyby se pro loužení rudy použilo za stejných podmínek technické kyseliny sírové v množství odpovídajícím množství kyseliny uvolněné ze síranu železnatého hydrolýzou a ruda loužena za stejných podmínek po dobu 5 hodin. Po 20 minutách byl v roztoku stanoven redox potenciál -420 mV a po 1 hodině loužení -430 mV. Po 1 hodině se obsah kyseliny sírové nezměnil, zatímco při použití technické kyseliny sírové poklesl o 53 %. Koncentrace železa v kapalně fázi po 1 hodině loužení činila 1,4 g/l. Po ukončení loužení byl rmut ochlazen a přidána technická kyselina sírová tak, aby koncentrace kyseliny činila 80 g/l a při atmosférickém tlaku za teploty 75 °C dále loužen po dobu 30 minut. Po této době byl stanoven oxidačně redukční potenciál v kapalně fázi -610 mV a koncentrace železa  $\text{Fe}^{2+}$  ve výluhu činila 0,7 g/l a  $\text{Fe}^{3+}$  18 g/l.

#### Příklad 3

Těžce loužitelný typ rudy s vysokým obsahem organických látek a pyritických složek byl loužen kyselým monohydrátem síranu železnatého, který odpadá z výroby oxidu titaničitého. Ruda byla loužena za tlaku 1,5 MPa a teploty 140 °C při provzdušňování pulpy. Po 2 hodinách loužení byl kov vyloužen o 25 % více, obsah kyseliny sírové v kapalně fázi byl o 30 % vyšší a hodnota oxidačně redukčního potenciálu o 40 mV vyšší než kdyby stejný typ rudy byl loužen oxidačním postupem s využitím kyseliny sírové uvolněné oxidací pyritických složek. Po ochlazení rmutu byla do rmutu přidána technická kyselina sírová v množství 250 g/l a rmut dále loužen po dobu 5 hodin v atmosférických podmínkách. Bylo dosaženo stejné výtěžnosti, jako kdyby rmut byl loužen bez přídavku síranu železnatého, ale se specifickou spotřebou kyseliny sírové o 60 % nižší.

#### Příklad 4

Těžce loužitelný typ rudy byl loužen kyselinou sírovou při počáteční koncentraci 300 g/l a při teplotě 110 °C a atmosférickém tlaku po dobu 2 hodin. Za tuto dobu byla ruda vyloužena na požadovanou výtěžnost, obsah  $\text{FeSO}_4$  v kapalně fázi vylouženého rmutu byl stanoven na 110 g/l a obsah volné zbytkové kyseliny sírové na 200 g/l. Poté byl rmut smíchán se rmutem lehce loužitelné rudy v poměru 1:8 a směs loužena při teplotě 140 °C a tlaku 1,4 MPa při provzdušňování po dobu 5 hodin. Účinkem zbytkových chemikálií bylo dosaženo požadované výtěžnosti směsného rmutu, přičemž v kapalně fázi byl stanoven obsah kyseliny sírové 8 g/l a celkový obsah železa 1 g/l.

## Příklad 5

Těžce loužitelný typ rudy byl loužen ve směsi s lehce loužitelným typem rudy v poměru 1:8 síranem železnatým v dávce 300 kg/t rudy při teplotě 140 °C a tlaku 1,4 MPa. Po 5 hodinách bylo dosaženo výtěžnosti o 30 % horší než v příkladu 4. Obsah železa v kapalně fázi byl stanoven 1,1 g/l a obsah kyseliny sírové činil 8,5 g/l.

Způsob podle vynálezu je určen pro zpracování uranových rud, lze jej však použít i při hydrometalurgickém zpracování jiných polymetalických rud, například pro vyluhování mědi, zinku a podobně.

## P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Způsob loužení uranových rud účinkem síranu železnatého, vyznačený tím, že se síran železnatý přidává do rmutu uranové rudy v dávkách 2 až 350 kg/t rudy a ruda se louží za podmínek zvýšených teplot 110 až 200 °C a tlaků 0,3 až 2,5 MPa při provzdušňování.
2. Způsob podle bodu 1, vyznačený tím, že síran železnatý se přidá ve formě suspenze hydratovaných forem trojmocného železa, získané tlakovou oxidací.
3. Způsob podle bodu 1 a 2, vyznačený tím, že se použije alespoň části kyselé formy síranu železnatého  $\text{FeSO}_4 \cdot \text{SO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  odpadající z výroby oxidu titaničitýho.
4. Způsob podle bodu 1 a 2, vyznačený tím, že se koncentrace kyseliny sírové v loužení udržuje pomocí technické kyseliny sírové.
5. Způsob podle bodu 1 až 4, vyznačený tím, že se použije rmut vyloužený kyselinou sírovou za atmosférických podmínek s obsahem síranu železnatého v kapalně fázi.