

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4642796号  
(P4642796)

(45) 発行日 平成23年3月2日(2011.3.2)

(24) 登録日 平成22年12月10日(2010.12.10)

(51) Int. Cl. F I  
**C 2 2 B 11/00 (2006.01)** C 2 2 B 11/00 1 O 1  
**C 2 2 B 3/04 (2006.01)** C 2 2 B 3/00 B  
 C 2 2 B 3/00 D

請求項の数 5 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-86983 (P2007-86983)                  (22) 出願日 平成19年3月29日 (2007.3.29)                  (65) 公開番号 特開2008-106347 (P2008-106347A)                  (43) 公開日 平成20年5月8日 (2008.5.8)                  審査請求日 平成19年9月25日 (2007.9.25)                  (31) 優先権主張番号 特願2006-264423 (P2006-264423)                  (32) 優先日 平成18年9月28日 (2006.9.28)                  (33) 優先権主張国 日本国(JP)</p>	<p>(73) 特許権者 502362758                  J X 日鉱日石金属株式会社                  東京都千代田区大手町二丁目6番3号                  (74) 代理人 110000523                  アクシス国際特許業務法人                  (72) 発明者 安部 吉史                  茨城県日立市白銀町1-1-2 日鉱金属                  株式会社 技術開発センター内                  (72) 発明者 保坂 広司                  茨城県日立市白銀町1-1-2 日鉱金属                  株式会社 技術開発センター内                  審査官 河口 展明</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 金の浸出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

金を含有する硫化銅鉱や金を含むケイ酸鉱を含有する硫化銅鉱を硫化銅鉱中の銅品位が7.9%以下になるまで銅を浸出し、  
 銅品位が7.9%以下になった金を含有する硫化銅鉱や金を含むケイ酸鉱を含有する硫化銅鉱を塩素イオンと0.01g/L以上の第二鉄イオンを溶解した溶液に混合する、  
 あるいは塩素イオンと0.01g/L以上の鉄イオンを含む溶液に空気を吹き込み空気中の酸素で鉄イオンを酸化して三価にできる状態で混合し、  
 チオ尿素、ハロゲンガス及び過酸化水素を導入せずに、そのpHを1.9以下に調整しながら攪拌し、第二鉄イオンの酸化力によって少なくとも金を溶液中に溶解することを特徴とする金の浸出方法。

【請求項2】

金を含有する硫化銅鉱や金を含むケイ酸鉱を含有する硫化銅鉱を硫化銅鉱中の銅品位が7.9%以下になるまで銅を浸出し、  
 浸出した溶液が塩素イオンと0.01g/L以上の鉄イオンを含む場合、  
 チオ尿素、ハロゲンガス及び過酸化水素を導入せずに、その溶液に空気を吹き込み空気中の酸素で鉄イオンを酸化して三価にし、そのpHを1.9以下に調整しながら引き続き攪拌することで、三価の鉄イオンの酸化力によって少なくとも金を溶液中に溶解することを特徴とする金の浸出方法。

【請求項3】

金を浸出する溶液に銅イオンを共存させて金の浸出速度を速くする請求項 1 あるいは請求項 2 に記載の金の浸出方法。

【請求項 4】

金を浸出する溶液に臭素イオンを共存させて金の浸出速度を早くする請求項 1 から 3 の何れか一項に記載の金の浸出方法。

【請求項 5】

攪拌中に空気を吹き込み、空気中の酸素で二価の鉄イオンを三価に酸化して反応を継続させる請求項 1 から 4 の何れか一項に記載の金の浸出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、金を含有する硫化鉱物あるいはケイ酸鉱から金を回収するための浸出方法を提供するものであり、金の浸出を大気圧下において沸騰温度以下の水溶液中で行なうものである。

【背景技術】

【0002】

硫化銅鉱や硫化銅鉱に付随するケイ酸鉱はしばしば金を含有している場合がある。このような場合に金を回収するには大きく分けて二通りの方法がある。一つは1000 以上の高い温度で処理する方法で、金を含有する硫化銅鉱や金を含むケイ酸鉱を、硫化鉄や不足量を補うためのケイ酸鉱とともに1000 以上の高温で熔融処理し、マットと呼ばれるCu<sub>2</sub>Sと酸化鉄やケイ酸を主体とし不純物を含むスラグをつくる。

20

マットを高温で還元して粗銅と呼ばれる低純度の金属銅とし、これを電気分解して99.99%以上の純度をもつ金属銅に精製する。原料中に含まれる金は、この金属銅の製造過程で銅と挙動を共にし、電気分解の過程でその他の貴金属とともに銅電解殿物と呼ばれる沈殿として回収される。

この銅電解殿物を処理するには、鉛とともに高温で熔融し鉛中に貴金属を濃縮し酸化によって鉛を除去した後、原銀板と呼ばれる金等の貴金属を含む銀板をつくる。この原銀板を電気分解して銀を精製する過程で、銀電解殿物として貴金属を含む沈殿が生じる。

この沈殿から硝酸等によって金以外の貴金属を溶出させたのち高温で熔融して原金板とよばれる純度の低い金を製造し、これを電気分解して純度の高い金を回収する。

30

この方法では、1000 を越える高温を必要とすることと、本来、金属銅の製造が目的であり、金は副産物として生産されるため金を回収するまでの処理工程が非常に長いという欠点がある。

【0003】

もう一つの方法は、シアン、チオ尿素、チオ硫酸のような金化合物を生成しやすいような錯体形成化合物を溶解した溶液と接触させ、これらの化合物と金を反応させることで溶液中に溶出させ、活性炭表面に吸着させることで金を回収する。

この方法では、高温は必要ではなく、回収の工程も短くできる。しかしながら、銅や鉄といった金属元素が共存する場合には、これらの元素が金化合物を生成するための化合物を消耗する。このため、これらの元素を適切な量まで除去しておく必要があり、この場合には、金以外の元素の除去と金回収とを別の工程で処理することとなる（非特許文献1）。

40

【0004】

また、金がハロゲン族元素と錯体を形成して水溶液中に溶解しやすいことを利用してハロゲン族元素を添加した水溶液で金浸出を行う例もある。この場合には、金を金イオンとする必要があり、そのためには酸化剤を必要とする。この酸化剤としては、通常、硝酸、過酸化水素、塩素といった標準酸化還元電位で+900mVを超えるような酸化剤が使用される。このような酸化剤を使用した条件では、含有されるほとんどの金属元素は酸化反応を起こすため、金回収に必要な量より過大な酸化剤量を消費することになる（非特許文献2）。

【非特許文献1】“REVIEW OF GOLDEXTRACTION FROM ORES”, S. R. La BROOY, H. G. LINGE and G. S. Walker, MineralsEngineering, Vol.7, No. 10, pp1213-1241

50

【非特許文献2】“銅殿物湿式処理技術の確立”，虎岩明憲，安部吉史，資源と素材，Vol.116，(2000)，No. 6，pp484-492

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

金を含有する硫化銅鉱や金を含むケイ酸鉱を含有する硫化銅鉱から金を溶液中に浸出する場合、銅や鉄が金を溶出するための薬品を消費する。通常、金を溶液中に溶出させるためのシアン、チオ尿素、チオ硫酸といった薬品は高価であり、その薬品を消費する共存する銅や鉄は金と比較して多量に存在するため、金回収にかかる費用を多大にする。

また、硫化物として存在する銅や鉄が溶出する結果残留する硫黄が原料表面を覆うことで不働態化して反応を阻害する場合もある。

このため、金を溶出する薬品の消費量を減少させるため、含有する銅や鉄を前もって溶液中に溶出させ含有量を低下させた後、金の溶出操作にかかる。あるいは、焙焼等の操作により硫黄を原料から排除するような操作を前もって行なうことでこれらの問題を回避しようとしてきた。

このような操作を行なう場合、その操作自身が処理を複雑にして金の回収費用が増加する原因となるだけでなく、このような操作の多くは酸濃度の高い溶液中で実施したり、操作の結果生成するものを水溶液中に混合すると高い酸性度を示すことが多い。一方、金溶出操作はpH域からアルカリ性で行われるため、金溶出操作にうつる前に中和する必要が生じ中和で使用する薬品が回収費用を増加する原因となる。

【0006】

さらに、使用するシアン、チオ尿素、チオ硫酸といった薬品は高価であるが分解しやすいとか毒性を持つといった性質があり取り扱い時や取り扱い後の処理を厳密に行う必要がある。

このような点も処理費用増加の原因となる。また、反応時間が長く製品化に時間がかかり、金の滞留量が多くなるといった問題もある。

【0007】

シアンを使用した場合より反応速度が速いということから、塩素、臭素といったハロゲン化合物とそのガスを使用する金浸出方法も考えられている。この場合には、ハロゲンガスを酸化剤として使用することで溶液中に高い酸化状態（塩化物溶液中で、塩素ガスの場合水素標準電位で1242mV、臭素ガスの場合1070mV）を実現して金の溶出を促進できる。

これらの方法にも欠点があり、ハロゲン類も高価であるとともに、これらのガス類は腐食性が強く取り扱いが困難である。さらに、反応してイオンとなる場合の電位が高いため、過剰に添加した場合には原料表面が不働態化を起し反応が進行しなくなることがある。ヨウ素を使用する場合もあるが、原料中の脈石成分として含まれる鉄と反応して必要以上に消耗される。

また、これらの薬品は酸化電位が非常に高いため酸素は有効な酸化剤とはならず、浸出反応の結果これらの薬品が還元されても空気中の酸素程度では酸化できず、簡易的な方法で再使用するという事はできない。

本発明は、従来技術の欠点である上記の問題を解決するものであって、硫化銅鉱から少なくとも銅、金を効率良く浸出する方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、上記の問題を解決するものであって、以下の発明を提供する。

(1) 金を含有する硫化銅鉱や金を含むケイ酸鉱を含有する硫化銅鉱を硫化銅鉱中の銅品位が7.9%以下になるまで銅を浸出し、

銅品位が7.9%以下になった金を含有する硫化銅鉱や金を含むケイ酸鉱を含有する硫化銅鉱を塩素イオンと第二鉄イオンを溶解した溶液に混合する、

あるいは塩素イオンと鉄イオンを含む溶液に空気を吹き込み空気中の

10

20

30

40

50

酸素で鉄イオンを酸化して三価にできる状態で混合し、

そのpHを1.9以下に調整しながら攪拌し、第二鉄イオンの酸化力によって少なくとも金を溶液中に溶解することを特徴とする金の浸出方法。

(2) 金を含有する硫化銅鉱や金を含むケイ酸鉱を含有する硫化銅鉱を硫化銅鉱中の銅品位が7.9%以下になるまで銅を浸出し、

浸出した溶液が塩素イオンと三価の鉄イオンを含む場合、

その溶液に空気を吹き込み空気中の酸素で鉄イオンを酸化して三価にし、そのpHを1.9以下に調整しながら引き続き攪拌することで、

第二鉄イオンの酸化力によって少なくとも金を溶液中に溶解することを特徴とする金の浸出方法。

10

(3) 金を浸出する溶液に銅イオンを共存させて金の浸出速度を速くする(1)あるいは(2)に記載の金の浸出方法。

(4) 金を浸出する溶液に臭素イオンを共存させて金の浸出速度を早くする(1)から(3)に記載の金の浸出方法。

(5) 金を浸出する溶液に含まれる三価の鉄イオン濃度が0.01g/l以上である(1)から(4)に記載の金の浸出方法

(6) 攪拌中に空気を吹き込み、空気中の酸素で二価の鉄イオンを三価に酸化して反応を継続させる(1)から(5)に記載の金の浸出方法。

【発明の効果】

【0009】

本発明は、以下の効果を有する。

(1) 金を含有する硫化銅鉱を、塩素イオンと鉄イオンを含む水溶液で処理し、通常使用されるような過酸化水素や硝酸といった酸化剤やシアン、チオ尿素、チオ硫酸といった錯化試薬を使用することなく、金或いは銅を効率良く浸出することが出来る。

【0010】

(2) 金浸出に有効な塩素イオンと鉄イオンを使用して銅や鉄を含む硫化銅鉱中の銅、鉄も浸出することができるため、同一の溶液を使用して単一の工程で銅、鉄と金の浸出が可能となり工程を単一化できるため工程の短縮が図れる。このことにより設備費が節約できる。

【0011】

(3) 銅イオンや臭素イオン、あるいは両方のイオンを共存させることで金浸出反応を促進できるため、反応時間の短縮により反応槽が小さくなり設備費を節約できる。

【0012】

(4) 原料中に含まれ溶液中に浸出された鉄や銅も金浸出に利用できるため薬品代の節約となる。

【0013】

(5) 使用する塩素や臭素といった薬品のなかで高価なものは臭素イオンを提供する臭化物であるが、金濃度と比較して溶液中に多量に存在する銅や鉄のような金属元素に配位しても、各金属イオンを溶液中から回収する段階では臭素イオンとして溶液中に残すことが可能でほとんど消耗しない。

例えば、鉄は水酸化物として沈殿分離でき、銅は電解採取あるいは卑な金属と置換することで金属として回収できる。このような回収過程で臭素イオンは遊離され溶液中に残留する。

【0014】

(6) この金浸出反応は三価の鉄による酸化で行なわれ、金は塩化金あるいは臭化金として溶出される。銅は鉄の酸化を促進する。これらの鉄イオンや銅イオンは、反応によりそれぞれ二価の鉄イオンや一価の銅イオンに還元されるが、還元された二価の鉄イオンや一価の銅イオンは溶液中のプロトンと空気中の酸素により酸化でき再度酸化剤として利用できる。溶液のpHを1.9以下に維持することで、二価の鉄イオンや一価の銅イオンを酸化するためのプロトンを供給できる。

20

30

40

50

## 【0015】

(7) この金浸出反応は、塩化銅や塩化鉄の酸化領域で反応を行なうため、溶液の酸化電位は+480mV (銀/塩化銀標準電極基準) 以上でよく、塩素ガスや臭素ガスのような+778mV (銀/塩化銀標準電極基準、水素電極基準で+1000mV) を超えるような高い酸化電位を示す薬品を必要としない。

## 【0016】

(8) このような方法によって、薬品代の消耗がほとんどなく、酸化剤として腐食性や毒性をもつガスを使用することなく、金とともに銅や鉄あるいは硫黄を含有した原料を特段の前処理を施すことなく単一の工程で金を溶出することができる。

## 【0017】

(9) また、塩素イオンや臭素イオンが溶解している溶液中で酸化により金属元素の溶出を行なうと反応の結果元素状硫黄が残留するが、硫酸溶液と異なり原料の表面を覆うことなく、反応が進んでも原料は多孔質のままであるため溶出液が原料内部に浸透でき、反応が表面の不動態化によって停止することはない。( "The Effect of Chloride Ions On The Dissolution Of Chalcopyrite In Acid Solution" , Z. Y. Lu, etc., Hydrometallurgy, 56, 2000, pp189)。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0018】

本発明は、金を含有する硫化銅鉱や金を含むケイ酸鉱を含有する硫化銅鉱を浸出し銅品位を7.9%以下にし、この浸出物を塩素イオンと三価の鉄イオンを共存させた溶液、あるいは、必要に応じてこの溶液に銅イオンや臭素イオンまたは両イオンを共存させた溶液に混合することで金を溶液中に溶出することができるものである。

このような硫化銅鉱中の銅を浸出するには、硫酸溶液中に酸素を吹き込んで酸化浸出を行うとか、塩化物溶液で塩化銅あるいは塩化鉄を添加し塩素ガスあるいは酸素を使用して酸化浸出を行う等種々の方法が提案されている。

硫化銅鉱中の銅を浸出するにはこれらのどの方法でも採用できるが、引き続き実施する金浸出を考慮すると、銅浸出後の固液分離の必要がない塩化浴で行うことが望ましい。塩化浴であれば、浸出により溶液中に溶出する鉄イオンあるいは銅イオンは、そのまま金浸出に利用できる。

## 【0019】

銅精鉱中に存在する量の金を浸出するには適切な酸化剤と、浸出した金が再び還元されて金属金として沈殿しないための安定化剤が必要である。本発明では塩素イオンを利用して塩化金を生成することで安定的に金を溶出するが、臭素イオンを使用する場合、臭化金を生成することで金浸出をさらに容易することができる。

## 【0020】

塩化物を溶液中に溶解した塩化浴とよばれる溶液中では、反応の酸化電位は水系の場合と比べて変化する。

例えば、 $Au^{3+}/Au$  ( $Au^{3+}+3e \rightarrow Au$ の酸化還元系を示す。以下同じ)の標準酸化電位は水系では1500mVであるが、塩化浴では $AuCl_4^-/Au$ は1000mVに低下する( "Dissolution Chemistry of Gold and Silver in Different Lixiviants" , J. Brent Hiskey and V. P. Atluri, Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, pp95, Vol. 4, 1988)。このことは、水系より低い酸化力の酸化剤で金を溶出できることを示している。さらに、臭化金の場合、 $AuBr_4^-/Au$ で表される標準酸化電位は870mVとさらに低下する( "Refractory Concentrate Gold Leaching; Cyanide vs. Bromine" , A. Dadgar, JOM, December, pp37, 1989)。

このため、金の塩化錯体あるいは臭化錯体を形成することで低酸化力の酸化剤で金を浸出できる可能性が示唆されていた。

## 【0021】

しかしながら、塩化錯体を形成する標準酸化電位でも1000mVを示すため、金の塩化物錯体

10

20

30

40

50

あるいは臭化物錯体を利用した浸出でも、通常は、過酸化水素、塩素ガスあるいは臭素ガスのような、標準酸化電位で1000mVを超えるような酸化力をもつ酸化剤やこれに近い酸化電位(960mV)を示す硝酸を使用していた。

【0022】

発明者らは、塩素イオンを含む水溶液を使用すれば酸化剤としては三価の鉄イオンで十分であり、従来と比較して非常に低い酸化電位で金浸出が可能なることを発見した。さらに、臭素イオンを添加すればさらに低い酸化電位での金浸出が可能となり、結果的には金浸出の反応速度が速くなることを発見した。

【0023】

この反応に使用するための臭素イオン濃度は、臭化金を生成するとともに溶出した金が錯体を形成するために必要であり溶出する金濃度にも依存するが、共存する塩化ナトリウム濃度の影響も受けるため溶解度の上限が存在する。溶解度を考慮すると1から80g/lとなるが、薬品の経済的な使用量を考えると10から26g/l程度が望ましい。

10

【0024】

塩素イオンは、塩化金を生成するとともに金の塩化錯体を形成し金を溶出させるために添加する。また、銅を添加して鉄の酸化反応を促進するためには、反応により生成する第一銅を安定に存在させる必要があり、この目的でも添加する。その濃度としては、1~6.5mol/lであるが、第一銅の安定性を考えると3.3mol/l(118g/l)~5.2mol/l(186g/l)が好ましい。5.2mol/lを超える場合、反応によって金属イオン濃度が高くなると塩化ナトリウムの結晶として析出するため、溶液中の濃度は上がらなくなる。

20

【0025】

鉄イオン濃度は0.01g/l以上であれば金浸出は可能であるが、反応性をよくするためには高いほうがよい。しかしながら、0.26g/l以上になっても特段に反応性がかわることはないが、この濃度で金の浸出速度に対する鉄濃度の効果は最大となるため、0.26g/l付近の濃度が好ましい。

また、原料が鉄を含有する場合には、原料から浸出された鉄は酸化剤として作用するため、必ずしも前もって添加しておく必要はない。

【0026】

銅イオンは金浸出に直接関与しないが、銅イオンが存在することで鉄イオンの酸化速度が速くなるため、添加することが望ましい。その濃度は特に規定するものではないが、5~20g/l程度存在すれば十分である。

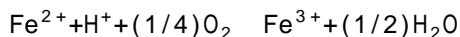
30

【0027】

硫化銅鉱中の銅品位を7.9%以下まで低下させた浸出残渣を、三価の鉄イオンと塩素イオンを含む溶液に混合すれば浸出残渣中の金浸出が可能となる。

この反応の要点は、三価の鉄と二価の鉄の活量比( $[a(Fe^{3+})]/[a(Fe^{2+})]$ )で決まる溶液の酸化還元電位を金の塩化錯体あるいは臭化錯体の生成電位より高く保つことである。反応の進行によって三価の鉄と二価の鉄の活量比( $[a(Fe^{3+})]/[a(Fe^{2+})]$ )が低下する場合には、酸素を溶液中に吹き込み、溶液中に存在するプロトンとの反応で反応式3によって三価の鉄濃度を高くし溶液の酸化還元電位を維持できる。酸素は空気中に含まれる酸素で十分である。

40



反応式 1

【0028】

塩酸等の酸を添加することでプロトンは供給できる。酸化反応が進めばプロトンは消費され溶液のpHが上昇するため、塩酸等の酸を添加して溶液のpHを一定にすることで反応式1の反応は可能となる。

そのpHは1.9以下であればよいが、鉄の酸化速度は高いpHの方が促進されるため、pH 0.5~1.9の範囲が望ましい。

【0029】

さらに、鉄や銅といった元素が原料中に存在する場合には、塩化第二鉄あるいは塩化第二銅でこれらの元素を水溶液中に溶出することができ、これらの元素の溶出がほぼ終了した

50

時点から金の浸出を始めることができる。

【 0 0 3 0 】

塩素イオンや臭素イオンは金と錯体を形成することで金の酸化電位を低下させるために存在しており、ガス化や沈殿生成のような反応はないため溶液中に残留し、なくなることはない。また、塩素ガスや臭素ガスを使用しないため、これらの成分の大気中への逸散もない。

銅や鉄といった金属元素に配位した場合でも、銅の場合は還元で、鉄の場合は加水分解で臭素イオンを遊離できるため損失にはならない。

【 0 0 3 1 】

臭素イオンは臭化ナトリウムのような形態で添加し、その濃度は高いほど望ましいが、同時に添加する塩素イオン濃度の影響と温度の影響をうけ溶解度が変化するため、実用的には臭素イオン濃度で1～50g/l、好ましくは10～25g/lでよい。

10

【 0 0 3 2 】

酸化剤として使用する鉄や銅といった金属元素、特に銅は酸化反応後塩化第一銅となりこれを安定化するために塩化ナトリウムのような形態で塩素イオンをあらかじめ添加しておく。

その濃度は、塩化鉄や塩化銅に含まれる塩素イオン濃度を含めた全塩素イオン濃度で1～6.5mol/l、好ましくは3～6mol/lになるよう調整する。塩化ナトリウムの溶解度は塩化銅濃度と鉄濃度の影響をうけるため、高濃度にしておくことと反応の結果銅や鉄が溶出すると塩化ナトリウムの結晶が生成することになる。

20

【 0 0 3 3 】

金を溶出するための酸化剤として溶液中に鉄イオンを添加するが、その濃度は鉄濃度として0.01～0.26g/l程度で十分である。これ以上の濃度であっても反応に対する効果は変わらないが、これ以上の濃度で存在しても反応を阻害するものではない。また、原料が鉄を含みこの鉄が溶出するような場合にはまえても添加しておく必要はない。

銅イオンは、それ自体が酸化剤として働くと同時に、二価の鉄イオンを酸化するために触媒的にも働く。本来、二価の鉄の酸化速度は非常に遅いが、銅イオンが共存することで酸化速度は促進される。また、銅イオンが塩化銅として存在することで、原料中に存在する鉄や銅の硫化物を浸出し効率的な金浸出が可能となる。塩化第二銅によって硫化銅が浸出されると、反応式2～4に示すように、塩化第二銅は塩化第一銅となる。

30



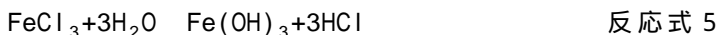
この第一銅を溶液中で安定に存在させることでこの浸出反応は進行する。この塩化第一銅を安定化させるためにも前記のような塩素イオン濃度が必要である。

【 0 0 3 4 】

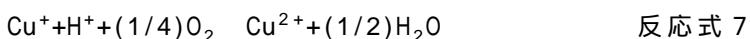
このように調整した液に原料を加え温度が80℃以上になるよう加熱した後、空気を吹き込みながら攪拌する。

さらに、反応中は塩酸を添加して、pHが1.9以下、できれば0.5～1.9の間に入るように調整する。このようなpHにすることで鉄の酸化速度を速くできる。溶液中の鉄はpHに応じて水酸化物として沈殿するが沈殿によってプロトン（式中はHClで表現）を遊離し（反応式5、6）このプロトンは第一銅あるいは第一鉄の酸化に有効に利用できる。

40



金を浸出するための酸化剤として三価の鉄イオンを使用し、鉄イオンの酸化を促進するために銅イオンを利用するが、これらのイオンはそれぞれが酸化反応を起こすことによって鉄は二価の鉄イオンに銅は一価の銅イオンに還元される。しかしながら、反応式1や反応式7によって鉄は三価に銅は二価に酸化でき浸出反応を継続することができる。



さらに、ここで消費される酸素は空気中の酸素で十分であることは周知である。

50

## 【実施例】

## 【0035】

## (実施例1)

塩化第二銅を銅濃度として25g/l、塩化第二鉄を鉄濃度として2g/l、塩素イオン濃度を塩化銅、塩化鉄の塩素イオンを含めた全塩素イオン濃度として180g/l、臭化ナトリウムを臭素イオンとして22g/lの濃度の液を作成し浸出液として使用した。原料として、Cu 31.7%、Fe 17.5%、S 22.1%、Au 66g/tという組成をもつ銅精鉱1,260gを使用し、前記の浸出液9Lに添加した。

この銅精鉱は銅源として、カルコパイライト (CuFeS<sub>2</sub>) を15%、カルコサイト (Cu<sub>2</sub>S) 35% 含み、そのほかにケイ酸鉱18%、パイライト (FeS<sub>2</sub>) 32%からなるものである。金はパイライトに全体の15%が存在し、残り85%はその他の鉱物全体に存在している。

10

## 【0036】

浸出液を85℃に昇温後攪拌しながら原料の精鉱を投入した後、空気を吹き込みながら、さらに攪拌を継続しながらサンプルを採取し、溶液中の金濃度と浸出されないで残留している浸出残渣中の銅品位を分析した。その結果を表1に示す。

## 【表1】

実施例1の測定結果

反応時間	温度	ORP	pH	残渣中銅品位	液中金濃度
hrs.	℃	mV		%	mg/l
3	85	423	1.5	19	0.
3	85	413	1.5	7.9	0.01.
3.4	85	451	2.0	6.2	0.02.
3.4	85	459	1.7	2.8	0.02.
5	85	514	2.0	1.2	0.15.
6	85	459	1.5	0.63	0.24.
12	85	528	1.5	0.50	0.33.
16	85	533	1.5	0.35	0.38

20

ORPはAg/AgCl電極を参照電極として測定した値である。

実施例1からあきらかなように、残渣中の銅品位が低下するにつれ金浸出が始まり溶液中の金濃度が高くなる。また、残渣中の銅品位が7.9%になったときには金浸出は始まっており、1.2%以降では顕著であることはこの例を図示した図1であきらかである。このとき、2.8%以下の銅品位での測定値の近似線は、[Au濃度 mg/l]=0.1900-0.3993×log[残渣中Cu品位 %]となり、金濃度0mg/lの横軸との交点は3.0%となる。このことから、残渣中銅品位3.0%以下での金浸出は顕著になるが、実質的には表1に示すように残渣中の銅品位は7.9%以下で金浸出は可能である。

30

さらに、この反応はせいぜい533mV程度で行われており、従来のように1000mVを超えるような高い酸化電位を示す酸化剤は使用する必要はない。

## 【0037】

## (実施例2)

塩化第二銅を銅濃度として31g/l、塩素イオン濃度を塩化銅、塩化鉄の塩素イオンを含めた全塩素イオン濃度として186g/l、臭化ナトリウムを臭素イオンとして26g/lの濃度の液を作成し浸出液として使用した。原料として、Cu 15%、Fe 19%、S 17%、Au 82g/tという組成をもつ銅精鉱712gを使用し、前記の浸出液10Lに添加した。

40

浸出液を85℃に昇温後攪拌しながら原料の精鉱を投入し、空気を吹き込みながら浸出を実施した。pHは0.5~2の範囲に入るよう塩酸を添加して調整した。この実施例の結果を表2に示す。



【表 2】

実施例 2 の測定結果

反応時間 hrs.	温度 ℃	ORP mV	pH	残渣品位		液中濃度	
				Cu %	Au g/t	Fe g/l	Au mg/l
0	78	595	1.3	15.0	82	0	0
0.1	85	451	1.7	7.6	94	-	0.02
0.7	85	475	1.5	2.1	76	0.28	0.02
1.7	85	514	1.5	1.2	63	-	0.15
2.7	85	557	1.7	1.0	43	0.04	0.32

表中の ORP は  $\text{Ag}/\text{AgCl}$  を参照電極として測定した値である。

この例で示すように、浸出開始時の銅品位が 7.9% を越える場合でも、鉄が溶液中に存在する場合（途中 0.7 時間の液中鉄濃度の分析値が示す値）には、空気を吹き込むことで残渣中の銅品位が 7.9% 以下になった時点で金浸出が行われる。

【0038】

(実施例 3)

硫化銅鉱 (Cu 22.1%, Fe 23.4%, S 29.1%, Au

73g/t) 524g を、臭素イオンを添加していない浸出液 4L に混合し、85℃ まで加温して空気を吹き込みながら浸出を行った。浸出液の組成は、塩化第二銅を銅濃度として 5.1g/l、塩化第二鉄を鉄濃度として 5.1g/l、食塩を添加して塩素濃度 126g/l とした。20 時間の反応毎に濾過を実施し、濾別した浸出残渣を同組成の新たな浸出液に混合して浸出を継続した。この測定結果を表 3 に示す。

【表 3】

実施例 3 の測定結果

反応時間 hrs.	温度 ℃	ORP mV	pH	残渣品位		液中濃度	
				Cu %	Au g/t	Fe g/l	Au mg/l
0	55	752	1.4	22.1	73	5.1	0
20	84	553	1.0	0.16	71	1.2	1.5
40	86	541	1.1	0.08	64	6.5	1.5
60	84	541	1.1	0.04	42	5.6	0.6
80	83	544	1.1	-	37	5.8	0.4

表中の ORP は  $\text{Ag}/\text{AgCl}$  を参照電極として測定した値である。

この例でみられるように、臭素イオンがなくても銅品位が低下することで金を浸出することはできる。ただし、溶出した金は若干不安定らしく残渣中の金品位は変動する。

【0039】

(実施例 4)

銅品位を前もって低下させた硫化銅鉱 (Cu 0.23%, Fe 34%, S 42%, Au

20g/t) 438g を、塩化第二鉄と食塩、臭化ナトリウムで鉄濃度 5.7g/l、塩素濃度 183g/l、臭素濃度 24g/l に調整した液と混合して金浸出を実施した。浸出液の交換はなく継続して浸出反応を実施したが、途中、3 時間を経過した時点で塩化第二銅を銅濃度で 5g/l 相当添加した。反応中は溶液中に空気を吹き込んでいる。

【表 4】

実施例 4 の測定結果

反応時間 hrs.	温度 ℃	ORP mV	pH	残渣品位		液中濃度		
				Cu %	Au g/t	Fe g/l	Cu g/l	Au mg/l
0	84	639	0.8	0.23	20	5.7	0	0
1	84	444	1.1	0.19	19	6.6	0.1	0.56
2	87	453	1.1	0.22	18	6.1	0.02	0.47
3	86	456	1.1	0.17	17	5.7	0.02	0.76
4	83	518	1.0	0.18	12	4.3	5.8	1.2

表中の ORP は  $\text{Ag}/\text{AgCl}$  を参照電極として測定した値である。

この例では、金属イオンとして鉄イオンだけを添加した場合 3 時間の反応時間では残渣品位にして 3g/t 分の金を浸出するにすぎないが、銅イオンを添加すると 1 時間でほぼ同程度の金を浸出できることを示している。液中金濃度についても、鉄イオンだけで 3 時間の反応をおこなって 0.76mg/l まで上昇したが、銅イオンを添加すれば 1 時間で同程度の濃度上

10

20

30

40

50

昇となり、残渣品位の変化からみた状況を裏付けている。  
したがって、銅イオンの添加は金浸出速度を速くするものといえる。

【 0 0 4 0 】

( 実施例 5 )

実施例 3 で使用したのと同じ硫化銅鉱524gと、同様の組成の液に臭素を添加したものの4Lを浸出液として金の浸出試験を実施した。浸出液の組成は、塩化第二銅を銅濃度として4.8g/l、塩化第二鉄を鉄濃度として4.9g/l、食塩を添加して塩素濃度118g/lとし、浸出開始後銅品位が低下する 20 時間までは臭素を添加せずに浸出を行ない銅品位の影響がなくなったところで臭素イオンを添加した。臭素濃度は臭化ナトリウムを添加して22~25g/lとした。また、実施例 3 と同様に、20 時間毎に濾過を実施し浸出残渣は継続して使用し、浸出液は新液を使用した。この結果を表 5 に示す。

10

【 表 5 】

実施例 5 の測定結果

反応時間 hrs.	温度 °C	ORP mV	pH	残渣品位		液中濃度		
				Cu %	Au g/t	Fe g/l	Br g/l	Au mg/l
0	84	737	1.2	22.1	73	4.9	0	0
20	86	518	1.1	0.18	66	5.5	0	1.0
40	85	476	1.0	-	52	7.1	22	0.7
60	84	482	0.9	-	37	7.2	22	2.5
80	86	479	1.0	-	21	6.1	25	0.5

表中の ORP は Ag/AgCl を参照電極として測定した値である。

20

臭素を添加していない実施例 3 の場合、金品位は80時間の浸出で36g/tまで低下した。一方、塩素イオンが存在する溶液に臭素イオンを添加した実施例 5 の場合には、80時間後に21g/tまで低下し、臭素イオン添加後だけでも60時間の間に45g/t分低下している。この比較を図 2 に示す。

これは金の浸出速度としては0.75g/t/hrとなり、臭素イオンがない場合の0.46g/t/hrに比較して1.6倍近い浸出速度となっている。さらに、残渣中の金品位は順次低下しており、臭素イオンが存在するほうが金錯体の安定度が高いと考えられる。

30

【 0 0 4 1 】

( 実施例 6 )

硫化銅鉱を浸出し、金浸出に影響しない程度に銅品位を低下させた浸出残渣(Cu 12%, Fe 26%, S 31%, Au 50g/t)を使用し、塩化第二銅、食塩、臭化ナトリウムを溶解した液(Cu 28.8g/l、Cl 166g/l、Br 20.6g/l)を使用し、鉄濃度だけを変化させて鉄濃度の影響を検討した。鉄濃度の調整は、水酸化ナトリウム水溶液あるいは塩酸を添加してpHを変化させることで行った。浸出時は空気を吹き込みながら、温度85 に維持して15時間の撈拌を行った。その結果を表 6 に示す。

40

【表 6】

## 実施例 6 の測定結果

pH	液中濃度	残渣品位
	Fe g/l	Au g/t
0.9	3.0	14.4
1.0	1.8	14.4
1.1	1.3	13.4
1.4	0.49	14.4
1.6	0.18	18.4
1.7	0.22	16.4
1.7	0.09	21.4
2.0	0.01	43

10

この結果から、浸出液中の鉄濃度を横軸にとり残渣中の金品位を縦軸としてプロットしたものが図 3 である。ただし、横軸は対数で表示してある。

この図からは、鉄濃度が 0.01g/l 以上であれば金は浸出でき、鉄濃度がある値になるまでは鉄濃度の上昇に従い同一時間での残渣中の金品位が低下する。このことは、鉄濃度の上昇に伴い浸出速度は増加するが、ある鉄濃度以上になると反応速度には影響しないことを示している。この鉄濃度は図中に記入した二本の直線の交点で表され、0.26g/l となる。したがって、この金浸出方法では鉄濃度は 0.01g/l 以上であれば浸出は行われ鉄濃度は高いほど浸出時間を短縮でき効果的であるが、0.26g/l 以上になると効果は変わらない。ただし、鉄濃度が 0.26g/l 以上でも浸出を阻害するものではない。

20

反応中は空気を吹き込むことにより、溶液中の鉄は三価のイオンで存在しておりその溶解度は pH に依存する。実施例 6 の結果から鉄濃度に対する pH の影響をプロットしたものが図 4 である。この図から明らかなように pH が高くなるにつれ鉄濃度は低下する。したがって、金浸出に必要な鉄濃度を確保するには表 6 の結果より pH は 1.9 以下でなくてはならない。

## 【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 2 】

30

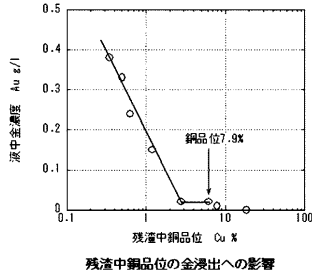
【図 1】は、金浸出に対する銅品位の影響を示す。

【図 2】は、金浸出に対する臭素イオンの影響を示す。

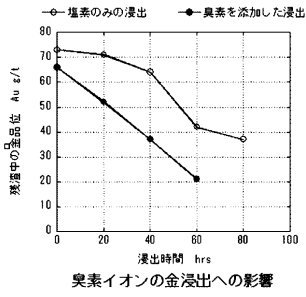
【図 3】は、金浸出に対する鉄濃度の影響を示す

【図 4】は、鉄濃度に対する pH の影響を示す

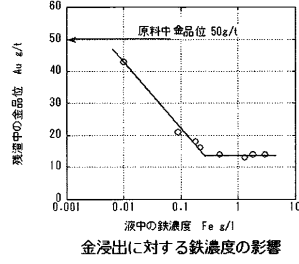
【 図 1 】



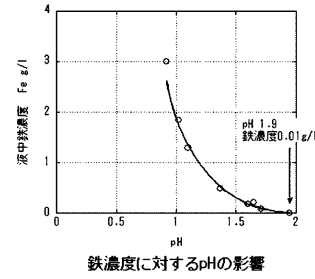
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-298850(JP,A)  
米国特許第04551213(US,A)  
米国特許第04668289(US,A)  
特表2006-512484(JP,A)  
特表2005-523992(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C22B 1/00-61/00