



HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---------------------|---|
| Title | Selective Cementation of Gold Using an Iron Oxide and Zero-Valent Aluminum Galvanic System from Gold-Copper Ammoniacal Thiosulfate Solutions [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review] |
| Author(s) | ZOLETA, Joshua Bravo |
| Degree Grantor | 北海道大学 |
| Degree Name | 博士(工学) |
| Dissertation Number | 甲第15855号 |
| Issue Date | 2024-03-25 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/92019 |
| Rights(URL) | https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/ |
| Type | doctoral thesis |
| File Information | ZOLETA_Joshua_Bravo_review.pdf, 審査の要旨 |



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 ZOLETA Joshua Bravo

審査担当者 主査教授 廣吉直樹
副査教授 伊藤真由美
副査准教授 坂入正敏

学位論文題名

Selective Cementation of Gold Using an Iron Oxide and Zero-Valent Aluminum Galvanic System
from Gold-Copper Ammoniacal Thiosulfate Solutions
(酸化鉄と0価アルミニウムを用いた金-銅含有アンモニウムチオ硫酸溶液からの金の選択還元
析出)

大規模鉱山における鉱石からの金の抽出にはシアン溶液を用いた浸出法(青化製錬法)が用いられてきた。シアンは毒性が高いため、より安全で環境影響の少ない金の浸出溶媒について検討されチオ尿素、チオシアン、ハロゲン化合物、チオ硫酸アンモニウムなどの溶液が提案されてきた。中でも浸出触媒として機能する銅アンミン錯体を含んだチオ硫酸アンモニウム溶液は、金に対する選択性の高さ、高い浸出速度、腐食性や毒性の低さから最も有力な代替候補と考えられている。しかし、溶液中に溶出してきた金チオ硫酸錯体を還元回収する方法が確立しておらず商業規模での実用化には至っていない。

近年、チオ硫酸アンモニウム溶液からの金の回収法として、ゼロ価のアルミニウム(電子供与体)と活性炭(電子媒介粒子)をガルバニック接触させて、溶液中の金チオ硫酸錯体を電子媒介粒子である活性炭上に還元析出(セメンテーション)する方法が提案されている。また、電子媒介粒子としては活性炭の他に酸化チタンなどの半導体粒子も利用できることが報告されている。本研究では、鉱山などで入手が比較的容易な半導体性の酸化鉄鉱物(ヘマタイトおよびマグネタイト)を電子媒介粒子に用いて、電子供与体であるアルミニウムとのガルバニック接触によりチオ硫酸アンモニウム溶液から金を還元析出して回収する方法について検討している。

第1章では、研究の背景や目的について述べるとともに、先行研究の成果を概説している。

第2章では、酸化鉄(マグネタイトあるいはヘマタイト)とアルミニウムを用いたセメンテーション実験を行い、活性炭とアルミニウムを用いる従来法と比較している。電子媒介粒子として活性炭を用いた場合、金とともに浸出触媒として必要な銅も還元析出してしまうが、マグネタイトやヘマタイトを電子媒介粒子に用いた場合には金のみが選択的に還元析出することを新たに見出している。

第3章では、酸化鉄粒子を表面に担持したアルミニウム電極を用いて電気化学的手法でチオ硫酸アンモニウム溶液からの金の還元析出の詳細を調べ、銅化学種が共存する場合であっても金のみが選択的に還元析出することを確認している。また、マグネタイト電極やヘマタイト電極を用いた実験も行い、選択的な金析出が起こることを確認し、選択的な金析出がこれらの酸化鉄の性質に起因することを示している。

第4章では、酸化鉄(マグネタイトおよびヘマタイト)の半導体特性(バンドギャップ、フラットバンドポテンシャル)を実験により調べ、エネルギーバンドダイアグラムを作成している。得られたダ

イアグラムをチオ硫酸アンモニウム溶液中の金や銅の化学種の酸化還元電位と比較し、酸化鉄上での金の選択的還元析出のメカニズムを次のように論じている。チオ硫酸アンモニウム溶液中の主要な金化学種である金チオ硫酸錯体は、酸化還元電位がヘマタイトやマグネタイトの伝導バンド下端とほぼ一致しているので、同じエネルギーレベルの電子が固体から溶液中の金錯体に移動して金が還元析出する。しかし、銅化学種の酸化還元電位は伝導バンドと価電子バンドの間の禁制帯に位置しており、同一エネルギーレベルの電子が存在しないので固体から電子を受け取ることができず還元されない。

第5章は結論であり、得られた主要な研究成果をまとめている。

以上を要するに、著者は低環境負荷の金抽出技術として期待されるチオ硫酸アンモニウム浸出法の実用化の鍵となる選択的金回収法を新たに提案しており、資源工学および金属製錬工学に対する貢献は大なるものがある。よって著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与されるにふさわしい資格があるものと認める。