

CEMENTAÇÃO DE OURO DE LIXÍVIAS DE TIOSSULFATO AMONÍACAL UTILIZANDO PÓ DE ALUMÍNIO⁽¹⁾

Rosana Ravaglia⁽²⁾
Olavo Barbosa Filho⁽³⁾

Resumo

Atualmente estudos sobre agente lixivantes alternativos ao cianeto continuam sendo feitos. Dentre os estudados o tiossulfato apresenta vantagens principalmente quando se utiliza minérios com alto teor de cobre. Isso ocorre porque estes minérios são refratários, ou seja, o uso de cianeto não é conveniente. Assim o objetivo do presente trabalho é estudar o uso de pó de alumínio para a cementação de ouro de lixíviás de tiossulfato amoniacal. As lixíviás foram preparadas sinteticamente e colocadas em reator fechado de 500ml. A agitação foi feita por meio de um agitador magnético. Durante todos os testes foi borbulhado oxigênio dissolvido. O pó de alumínio foi colocado no reator no início de cada teste. Amostras foram tiradas de tempos em tempos e os teores de ouro, de cobre e de alumínio foram analisados por espectrometria de absorção atômica. Além disso, o cimento foi caracterizado com microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de dispersão de energia característica de raios-X (EDS). Os resultados mostraram que a cementação com pó de alumínio teve uma boa eficiência na recuperação de ouro nas condições estudadas. Esta eficiência pode ser melhor verificada em soluções com baixo teor de cobre. Este fato indicou a importância do cobre neste tipo de recuperação de ouro. Isso também foi comprovado na caracterização dos cimentos após a cementação. Portanto, a cementação de ouro de lixíviás de tiossulfato amoniacal utilizando pó de alumínio é tecnicamente viável.

Palavras-chave: Cementação; Tiossulfato; Ouro.

¹ Trabalho a ser apresentado no 60º Congresso da ABM, a ser realizado nos dias 25 a 29 de julho de 2005, em Belo Horizonte – MG

² Professora do Mestrado Interdisciplinar em Políticas de Educação e Saúde (MIPES), Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA.

³ Professor do Departamento de Ciências dos Materiais e Metalurgia (DCMM), Pontifícia universidade católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio.

1 INTRODUÇÃO

O ouro é comumente recuperado a partir de seus minérios pelo processo de cianetação combinado com adsorção em carvão ativado. Entretanto, em certos minérios considerados refratários a cianetação não pode ser utilizada. Assim, processos com lixivantes alternativos têm sido estudados, entre eles o tiossulfato parece ser o mais promissor (1, 2).

Os estudos realizados sobre a recuperação do ouro de soluções de tiossulfato amoniacal mostraram alguns problemas ainda pouco discutidos. Trata-se, portanto, de um campo de pesquisa ainda a ser explorado. A recuperação do ouro destas soluções com o processo de cementação com pós de zinco, ferro, cobre ou alumínio parece ser uma solução viável devido à facilidade de operação e às altas taxas de reação (2). Portanto o objetivo do presente trabalho é estudar o uso de pó de alumínio para a cementação de ouro de lixívia de tiossulfato amoniacal.

2 RECUPERAÇÃO DE METAIS PRECIOSOS DE SOLUÇÕES DE TIOSSULFATO AMONICAL

A recuperação de metais preciosos de soluções de tiossulfato amoniacal tem sido estudada, mas os resultados são apresentados de forma incipiente. Os estudos feitos incluem: cementação com pós de zinco, cobre, alumínio e ferro; adsorção em carvão ativado, carvão e poliuretano; redução - precipitação com borohidreto; redução com hidrogênio; troca iônica com resinas.

Gelves e Pedraza, em 1986, (1) observaram que a cementação em solução de tiossulfato amoniacal na presença de cobre, ocorre em melhores condições quando as concentrações de cobre e amônia são baixas e a de tiossulfato é alta. Segundo estes autores, para realizar a cementação com sucesso após a lixiviação, é necessário um ajuste no pH da lixívia. Isto se faz necessário porque o pH ideal para a lixiviação é de aproximadamente 10,5, entretanto para a cementação é de aproximadamente 9.

Gallagher e colaboradores (3), em 1989, observaram a baixa afinidade das espécies ouro-tiossulfato pelo carvão ativado. Hu e Gong (4) também observaram que carvão ativado e poliuretano não adsorvem bem estas espécies. Outros estudos reportados por Lulham e Lindsay (5), em 1991, chegaram à conclusão que o ouro somente é adsorvido em carvão ativado ou resina se for adicionada uma pequena quantidade de íons cianeto à solução, tendo em vista a grande afinidade dos complexos $Au(CN)_2^-$ pôr estes meios de sorção.

Awadalla e Ritcey (6), em 1993, estudaram a recuperação de ouro de soluções de tiouréia, tiocianato e tiossulfato por redução - precipitação com borohidreto e concluíram que a recuperação era muito lenta.

A troca iônica com resinas tem apresentado limitações no que se refere a uma efetiva recuperação de metais preciosos de soluções de tiossulfato amoniacal. Geralmente, soluções de tiossulfato são utilizadas como eluantes para retirar ouro e prata de resinas carregadas. Portanto, o ouro e a prata somente podem ser adsorvidos em resinas aniônicas quando estiverem em soluções bastante diluídas em tiossulfato (7).

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As lixívia sintéticas foram preparadas usando-se padrão de ouro. O tiosulfato foi adicionado como $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, a amônia como NH_4OH com dosagem nominal de 30% e o cobre (catalisador) como $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

A ordem de adição dos reagentes na preparação da solução amoniacal de tiosulfato, contendo cobre, teve um papel importante na estabilidade da lixívia produzida. A maneira mais adequada para preparação da solução lixiviante consistiu na preparação de uma solução de hidróxido de amônio e dissolução, nessa solução, do tiosulfato de sódio pentahidratado e por último adição do sulfato de cobre. O ouro foi adicionado no final, de acordo com a concentração desejada (8).

Os experimentos cinéticos de cementação foram realizados utilizando-se um reator fechado de vidro de 500ml. A agitação foi feita por meio de um agitador magnético. A lixívia sintética foi colocada no reator, onde foi borbulhado nitrogênio na solução durante 15 minutos para remoção de oxigênio dissolvido. Em seguida, para manter uma atmosfera livre de oxigênio dentro do reator foi feita injeção de nitrogênio sobre a solução durante todos os testes de cementação. O pó de alumínio foi adicionado ao reator no início de cada teste.

O ouro, o cobre e o alumínio em solução foram analisados através de espectrometria de absorção atômica. O equipamento utilizado foi um Espectrômetro de Absorção Atômica (AAS), Perkin Elmer, modelo 3300, de feixe duplo.

Como as rotas de cementação e adsorção são posteriores à lixiviação, as variáveis investigadas e respectivas faixas de variação foram escolhidas de acordo com o descrito na literatura em relação à lixiviação. Os parâmetros investigados, com suas respectivas faixas de variação, estão indicados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros investigados nos experimentos de cementação e adsorção com os respectivos valores de referência e faixas de variação.

Parâmetros	Valor de Referência	Faixa Investigada
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mol/L)	0,25	0,25 – 0,60
CuSO_4 (mol/L)	0,01	0,01 – 0,04
NH_4OH (mol/L)	0,30	0,3
T (°C)	25	25
pH	9	9

As amostras dos cimentos não necessitaram de qualquer tipo de preparação especial para a observação no MEV, nem mesmo de deposição de ouro ou carbono, por se tratarem de pós metálicos.

4 EFEITO DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS NA CEMENTAÇÃO COM PÓ DE ALUMÍNIO

4.1 Concentração de Tiosulfato

Devido a complexidade da cementação de ouro de soluções de tiosulfato amoniacal utilizando pó de alumínio foi feito um estudo para verificar o rendimento da cementação de ouro e cobre em soluções de tiosulfato utilizando o pó de alumínio. A faixa de concentração de tiosulfato utilizada foi de 0,25 a 0,6 mol/L,

enquanto os outros parâmetros forma mantidos nos valores de referência (Tabela 1). As Figuras 1, 2 e 3 mostram que mesmo quando foi utilizado baixas concentrações de cobre não houve um rendimento de 100% em 60 minutos de teste.

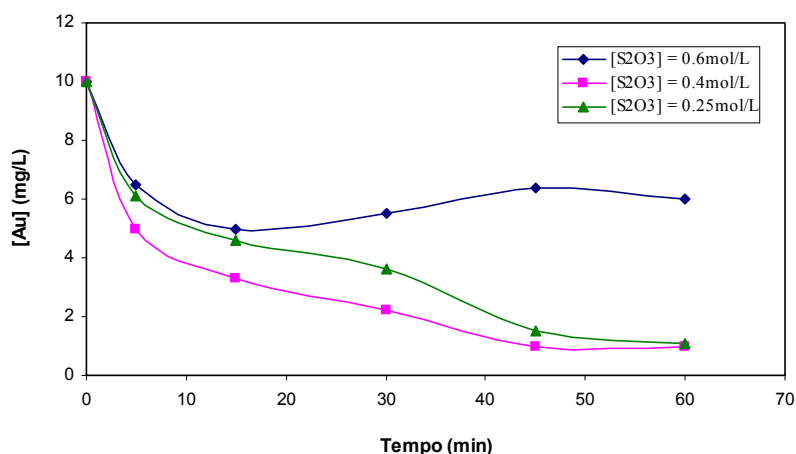


Figura 1. Influência do tiosulfato na cementação de ouro. Condições: [Cu]=0,01 mol/L; [NH₃]=0,3 mol/L; pH = 9; T= 25°C.

Em outros testes utilizou-se uma concentração de 0,01mol/L de cobre obtendo-se assim, um rendimento melhor com concentrações menores de tiosulfato (0,25mol/L). Em soluções com concentrações maiores de cobre observou-se o mesmo comportamento em relação ao tiosulfato, entretanto o rendimento da cementação foi menor.

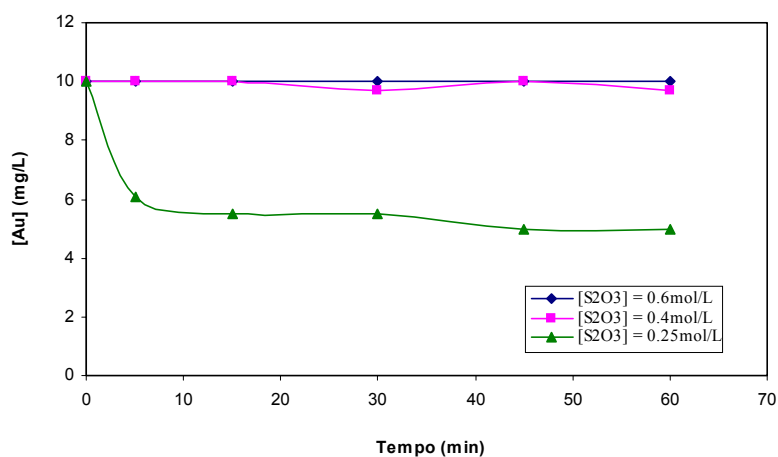


Figura 2. Influência do tiosulfato na cementação de ouro. Condições: [Cu]=0,025 mol/L; [NH₃]=0,3 mol/L; pH = 9; T= 25°C.

A cementação de cobre foi também estudada e os resultados mostraram que o cobre é pouco cementado quando se utiliza o pó de alumínio. Conforme pode ser visto nas Figuras 4, 5 e 6, mesmo quando utilizou-se uma concentração de 0,25mol/L de tiosulfato a cementação do cobre teve um pequeno rendimento. Portanto, o baixo rendimento da cementação do ouro não pode ser atribuído a uma pronunciada cementação competitiva do cobre.

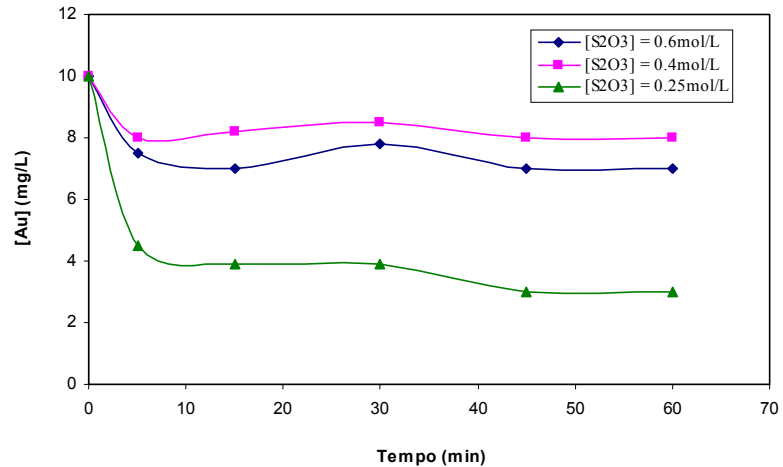


Figura 3. Influência do tiosulfato na cementação de ouro. Condições: $[Cu]=0,04 \text{ mol/L}$; $[NH_3]=0,3 \text{ mol/L}$; $\text{pH} = 9$; $T= 25^\circ\text{C}$.

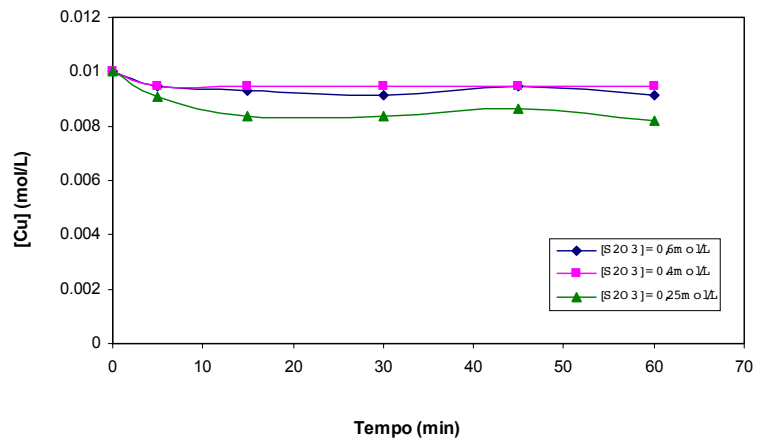


Figura 4. Influência do tiosulfato na cementação de cobre. Condições: $[Cu]=0,01 \text{ mol/L}$; $[NH_3]=0,3 \text{ mol/L}$; $\text{pH} = 9$; $T= 25^\circ\text{C}$.

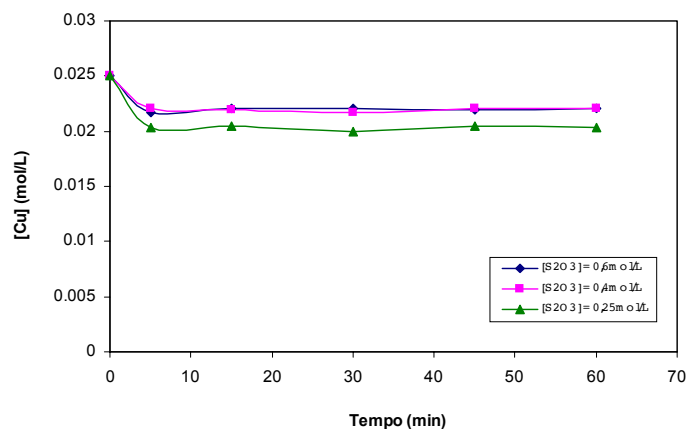


Figura 5. Influência do tiosulfato na cementação de cobre. Condições: $[Cu]=0,025 \text{ mol/L}$; $[NH_3]=0,3 \text{ mol/L}$; $\text{pH} = 9$; $T= 25^\circ\text{C}$.

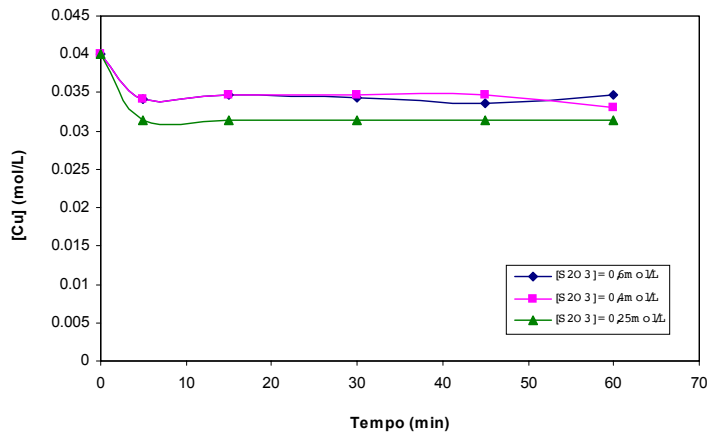


Figura 6. Influência do tiosulfato na cementação de cobre. Condições: [Cu]=0,04 mol/L; [NH₃]=0,3 mol/L; pH = 9; T= 25°C.

4.2 Concentração de Cobre

A concentração de cobre em solução tem um efeito marcante na cementação de ouro em pó de alumínio. Conforme pode ser visto nas Figuras 7, 8 e 9 quanto maior a concentração de cobre utilizada, menor é o rendimento da cementação.

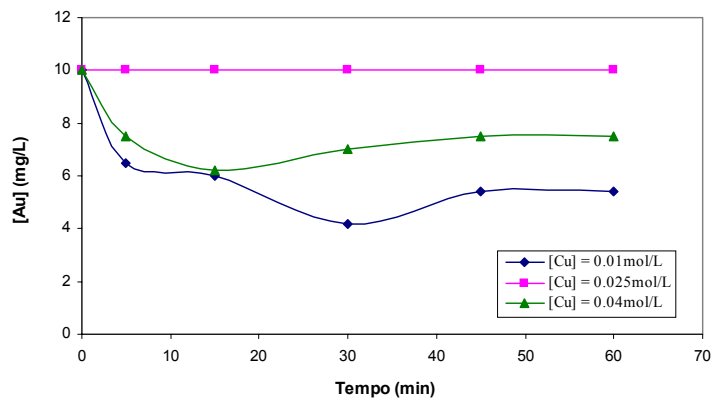


Figura 7. Influência do cobre na cementação de ouro. Condições: [S₂O₃]=0,6 mol/L; [NH₃]=0,3 mol/L; pH = 9; T= 25°C.

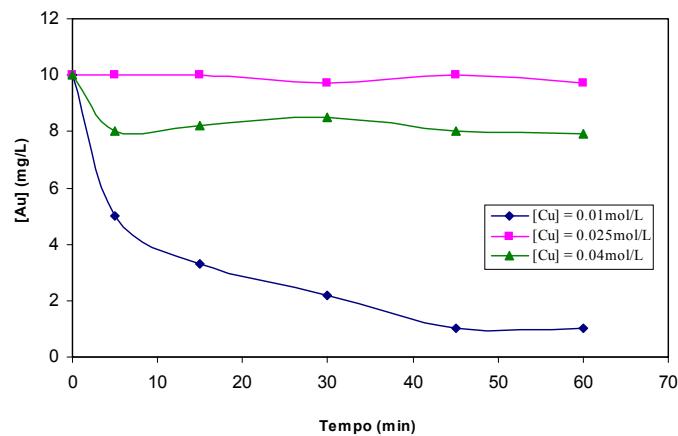


Figura 8. Influência do cobre na cementação de ouro. Condições: [S₂O₃]=0,4 mol/L; [NH₃]=0,3 mol/L; pH = 9; T= 25°C.

Este efeito ocorre também quando utiliza-se uma menor concentração de tiosulfato. Contudo, este menor rendimento não pode ser atribuído a cementação de cobre.

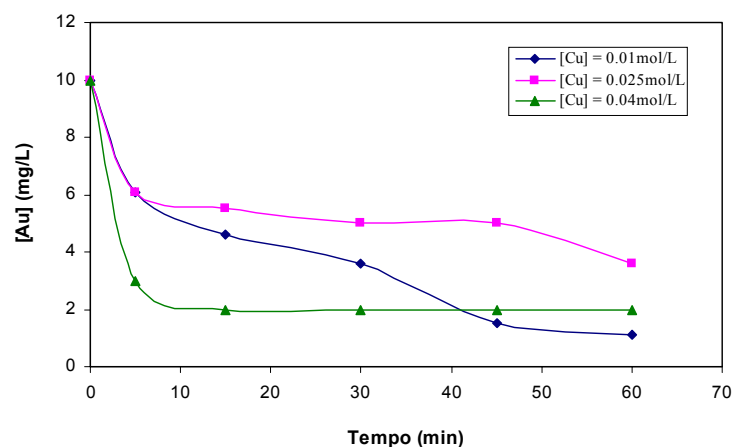


Figura 9. Influência do cobre na cementação de ouro. Condições: $[S_2O_3]=0,25$ mol/L; $[NH_3] =0,3$ mol/L; pH = 9; T= 25°C.

5 CARACTERIZAÇÃO DOS CEMENTOS

Os cementsos foram analisados através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e espectroscopia de energia característica de raios-X (EDS). As amostras analisadas apresentaram uma musança de morfologia. Alguns pontos mais claros foram observados, conforme pode-se verificar na Figura 10.

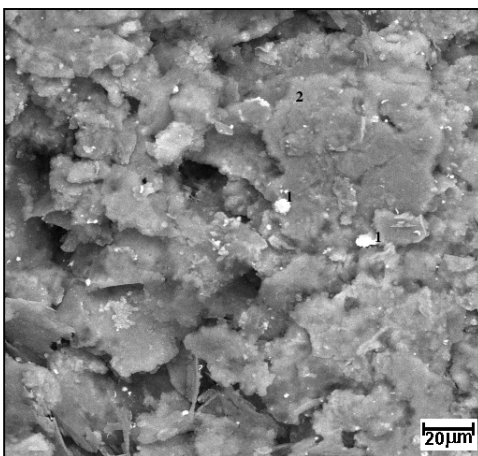


Figura 10. Micrografia do pó de alumínio após a cementação com aumento de 500x.

As Figuras 11 e 12 mostram os EDS dos pontos 1 e 2, respectivamente. O ponto 1 revelou a presença além do alumínio, de cobre, ouro e enxofre, indicando assim a ocorrência de cementação. Entretanto, o ponto 2 revelou a presença marcante de alumínio e uma pequena quantidade de ouro. Esta observação confirma os resultados obtidos na cementação, que mostram uma recuperação de aproximadamente 80%.

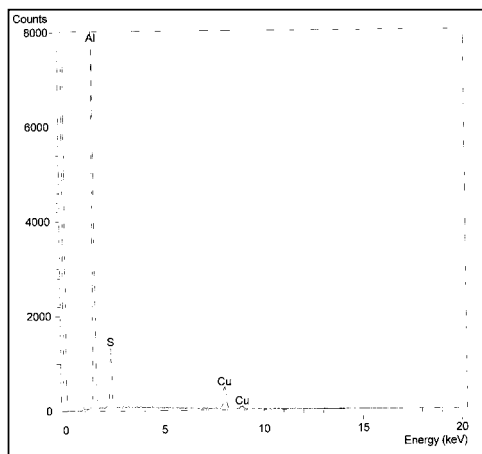


Figura 11. EDS do ponto 1 da Figura 10.

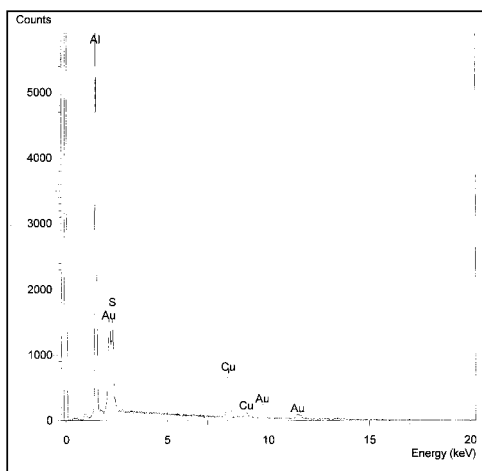


Figura 12. EDS do ponto 2 da Figura 10.

7 CONCLUSÕES

A cementação de ouro com pó de alumínio apresentou eficiências da ordem de 80% quando utilizou-se uma concentração de 0,25 mol/L de tiosulfato e uma baixa concentração de cobre (0,01 mol/L). Este fato indica a forte influência da concentração de cobre na cementação de ouro utilizando pó de alumínio. Com objetivo de confirmar a cementação foi realizada uma análise por microscopia eletrônica dos cimentos que revelou a presença de pontos de ouro na superfície dos cimentos. Portanto, a cementação de ouro de soluções de tiosulfato amoniacal é tecnicamente viável quando utiliza-se baixas concentrações de cobre em solução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Gelves, G. A.; Arias, V. A. e Pedraza, J. E.; "Recovering of refractory gold using ammonium thiosulphate solutions"; Proceeding of the III International Conference on Clean Technologies for Mining Industry; Santiago; Chile; Maio 15-17; p.447-487; 1996. Block-Bolten, A. e Torma, A. E.; "Thiosulphate leaching of gold from sulphide wastes"; Metall.; vol.40; p. 687-689; 1986.
- 2 Zang, W. e Li, Y.; "Studies on leaching gold and silver from gold concentration and silver pyrites associated with complex metal sulphides by ammoniacal thiosulphate"; Nonferrous metallurgy; vol. 4; p. 71-76; 1987.
- 3 Gallagher, N. P.; Hendrix, J. L.; Milosavljevic, E. B. e Nelson, J. H.; "The affinity of carbon for gold complexes: dissolution of finely disseminated gold using a flow electrochemical cell"; J. electrochem. Soc.; vol. 136; n°. 9; p. 2546-2551; september 1989.
- 4 Hu, J.; Gong, Q.; Recovery of gold from thiosulfate solution; Randdol, Perth, western Australia; pp. 310-313; 1988.
- 5 Lulham, J. P.; Lindsay, D.; Silver recovery from photographic effluents by ion-exchange methods; Symposium on Photofinishing Tecnology; New York; 1991.
- 6 Awadalla, F. T.; Ritcey, G. M.; Recovery of gold from solutions dy reduction-precipitation with stabilized alkali metal borohydride; U. S. Pat. 5.223.023; 1993.
- 7 Jun Li; Miller, J. D.; Wan, R. Y. e Vier, M.; "The ammoniacal system for precious metal recovering"; Proc. XIX International Mineral Processing Congress; Outubro 1995; vol. 4.
- 8 Ravaglia, R.; Barbosa Filho, O.; Recuperação de ouro de soluções de tiosulfato amoniacal; Tese de Doutorado; Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio; Abril de 2001.

ALUMINUM POWDER CEMENTATION OF GOLD FROM AMMONIACAL THIOSULPHATE SOLUTIONS

*Rosana Ravaglia
Olavo Barbosa Filho*

Abstract

Several alternative leaching agents for gold have been studied in recent years. These include thiourea, thiocyanate, thiosulphate and some halide/halogen systems (namely, iodine/iodide and bromide/bromine). Among these reagents thiosulphate presents some interesting features, as it operates in alkaline pH (around 10) and utilizes oxygen (air) as the oxidizing agent. Although the thiosulphate leaching has been widely investigated in recent years, much less have been done towards the recovery of gold from the leach liquors in recent years. In the present work, the cementation of gold by aluminum powder is investigated as one possible route for the removal of gold from ammoniacal thiosulphate solutions. Furthermore, the characterization of the cement is based on scanning electron microscopy coupled with energy dispersive x-ray spectrometry. The cementation parameters studied include thiosulphate concentration in solution and copper concentration in solution. Overall, aluminum powder has proved to be effective in recovering gold from the investigated solutions.

Key-words: Cementation; Thiosulphate; Gold.