

## ПРЕРАБОТВАНЕ НА ЗЛАТО -СЪДЪРЖАЩИ РАЗТВОРИ ЧРЕЗ ЦИМЕНТАЦИЯ С ЦИНКОВ ПРАХ

Анатоли Ангелов, Стоян Грудев

Катедра "Инженерна геоекология"  
Минно-геоложки университет  
София 1700, България

### РЕЗЮМЕ

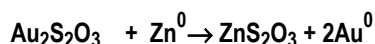
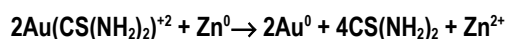
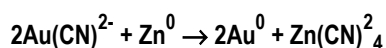
Производни разтвори, съдържащи разтворено злато и сребро, получени при излугване на окисна руда чрез аминокиселини от микробен произход и тиосулфатни йони бяха преработвани с цинков прах за циментация на благородните метали. Третирането на разтворите е осъществено в циментатор с механично разбъркване при периодичен режим.

Установени бяха оптималните условия по отношение плътност на суспензията, зърнометричен състав на цинковия прах, рН, редокс потенциал, температура и контактно време. Постигнатото съдържание на разтворен кислород под 1,0 mg/l при предварителната деаерация на производния разтвор, способстваше за ефикасно протичане на процеса на циментация при нисък разход на цинк. При оптимални условия повече от 98% от златото беше преципитирано от производни разтвори, съдържащи от 0,5 – 5,0 mg/l Au.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Циментацията на благородни метали от производни разтвори върху цинков прах е широко използван метод за извличане на злато и сребро в хидрометалургията, защото е лесно приложим, високо ефективен и удобен за управление процес. Процесът е известен още от началото на XX век като "Merril-Crowe процес" (Nicol J. et al., 1979) и се е наложил като един от най разпространените контакт-редукционни процеси .

Механизмът на преципитация на метали върху цинковата повърхност се обуславя главно от факта , че благородните метали като златото и среброто се редуцират до своите естествени форми ( $Au^0$  и  $Ag^0$ ), като при това Zn ги измества от съответните комплекси в производния разтвор. (Potter M., 1980)



Технологиите за третиране на минерални суровини, съдържащи фино-диспергирано злато в минерали като пирит, халкопирит, арсенопирит и др. са съвкупност от химични, биологични и физико-химични процеси, при които златото се разтваря в производния разтвор и се извлича чрез различни методи. При една от най-удачните

от екологична и технологична гледна точка технологии - безцианидният тиосулфатно-аминокиселинен метод, е известно, че обичайното третиране на производния разтвор чрез адсорбция върху активен въглен не дава добри резултати. Единствената алтернатива на споменатото третиране е именно процеса циментация върху Zn прах. (Tran T., 1991, Hsu J., 1980, McDougall J. et al. 1981)

Технологичната реализация на циментацията задължително трябва да включва следните последователни етапи - пречистване на продуктивния разтвор, деаерация, прибавяне на цинк, извличане на Au/Zn утайка. Тази последователност е обусловена и от факторите, влияещи върху процеса – концентрация на активен компонент, предварителна деаерация на разтвора, температура, рН, скорост на разбъркване, използване на ПАВ и др. (McDougall J. et al. 1981, Zarraa A., 1996).

Химическите реактори, използвани за целите на циментацията (т.нар. циментатори), имат различни конструктивни характеристики в зависимост от вида на цинка и начина на работа на реактора. В световната практика се прилагат реактори с фиксиран слой, с флуидизирано легло, барабанен тип за гранулиран цинк, барбутатажно-ерлифтни , с механично разбъркване и др. (Ornelas J. et al. 1998). В редица изследвания (Miller D., 1990, Nguyen H., 1997) са направени проучвания за възможността циментацията на благородни метали да се извършва и върху Fe, Cu и Al.

В настоящото изследване основен акцент е поставен върху задачата да се тестира работата на лабораторен

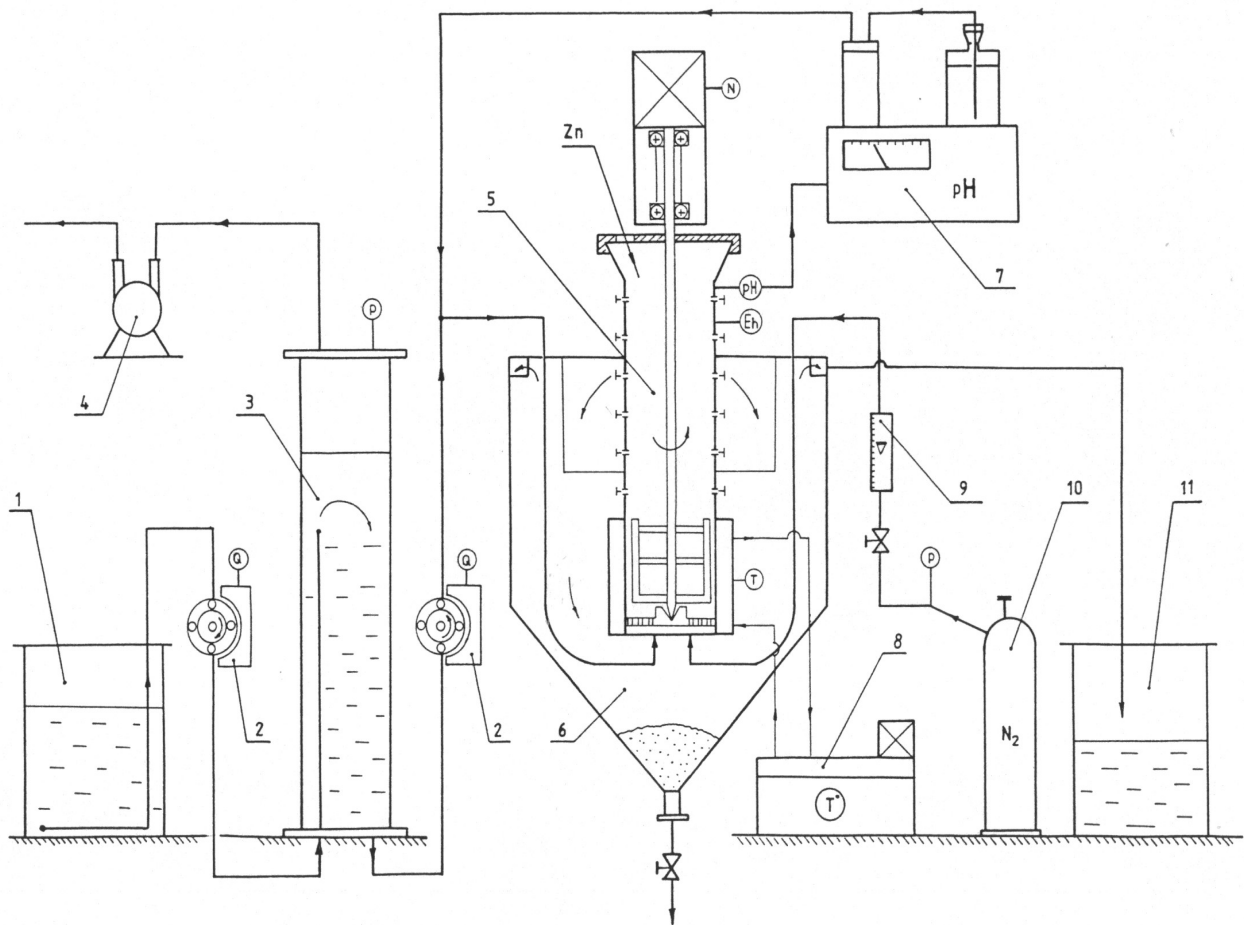
циментатор с реални производни разтвори при различни условия на суспендиране на Zn прах, установяване влиянието на предварителната деаерация, контактното време, както и определянето конструктивните и технологични характеристики в лабораторния циментатор, които ще послужат при мащабиране на процеса в пилотен и промишлен вариант.

## МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

За изследване процеса на циментация на благородни метали върху цинков прах в производни разтвори, получени по тиосулфатно-аминокиселинният метод, е проектирана и конструирана лабораторна инсталация-фиг.1.

Използваната конструкция на лабораторен циментатор представлява комбинирано съоразение включващо реакционна колона, където посредством механично разбъркване се суспендира Zn прах, и вертикална утаителна камера за събиране на циментационния продукт. Съгласно фиг.1. принципа на работа на избраната технологична схема е следния: производният разтвор се подава чрез перисталтична помпа 2 в деаерационната колона, представляваща плексигласов цилиндър с височина 960 mm и диаметър 100 mm (обем 7,5 dm<sup>3</sup>). По време на работа се предвижда нивото на течната фаза да достига до 2/3 обема на колоната т.е около 5 dm<sup>3</sup>.

За достигане на необходимият вакуум в колоната се използва маслена вакуумна помпа на фирмата "Edwards-4". Перисталтичната помпа на фирмата "ISMATEX" осигурява плавна регулировка на дебита при подаване в циментатора от 0 ÷ 1,150 dm<sup>3</sup>/min, в зависимост от избраното контактено време за работа на инсталацията. Чрез титратора ("Metrom") 7 се поддържа необходимата за процеса оптимална стойност на рН в циментатора. Производният разтвор постъпва през щуцер от дъното на циментатора 5 през отвори около петовия лагер на вала и осъществява контакт с Zn суспензия. Вала на бъркалката от рамков тип е с обща дължина от 720 mm и е лагеруван в три точки - в основата на вала при мотор-редуктора, в лагерното тяло (разстояние между лагерите 160 mm ) и в тефлонов петови лагер разположен на дъното на реакционната колона. След утаяването на Zn концентрат в утаителната камера, разтвора след циментация се отвежда в събирателен резервоар 11. Предвидена е възможност за подгряване обема на реакционната колона чрез водна риза, в която се подава топла вода от водна баня 8 с дебит 7 dm<sup>3</sup>/min.



Фигура 1. Технологичната схема на лабораторната инсталация за циментация  
 1 - храняващ резервоар, 2 - 8-канална перисталтична помпа, 3 - деаерационна колона, 4 - вакуум помпа, 5 - реакционна камера на циментатора, 6 - утайтел на циментатора, 7 - автоматичен титратор, 8 - водна баня, 9 - разходомер за подаван  $N_2$ , 10 - бутилка с  $N_2$  и 11 - колекторен резервоар за изходящия разтвор.

Таблица 1. Резултати от зърнометричния анализ на изходния цинков прах

Съществува възможност и за подаване в обема на циментатора и на азот (N<sub>2</sub>). Азотът се подава от дъното през филтърно платно с едрина на порите 50 ÷ 100 μm с дебит 0,1 ÷ 3 dm<sup>3</sup>/min . За процеса на циментация се използва цинков прах, произведен в “КЦМ”–ЕАД гр. Пловдив, който не е с регламентиран състав по отношение на зърнометрията си. След направен зърнометричен анализ на изходния цинков прах се получиха резултатите представени в таблица 1.

За установяване оптималните условия за протичане на циментация в лабораторната инсталация, са поставени няколко групи експерименти .

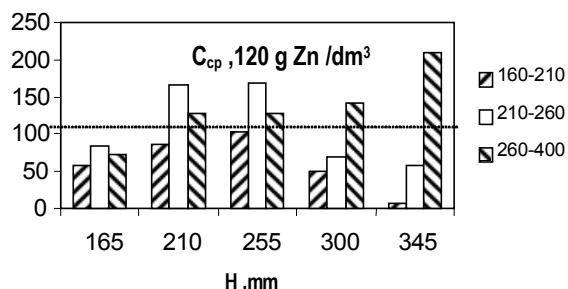
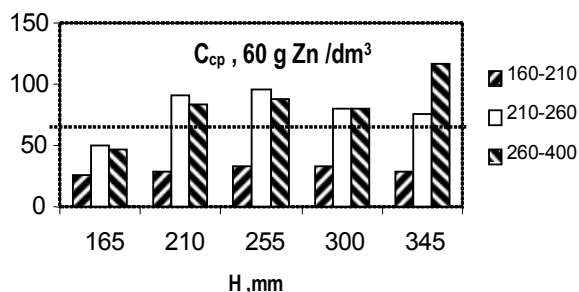
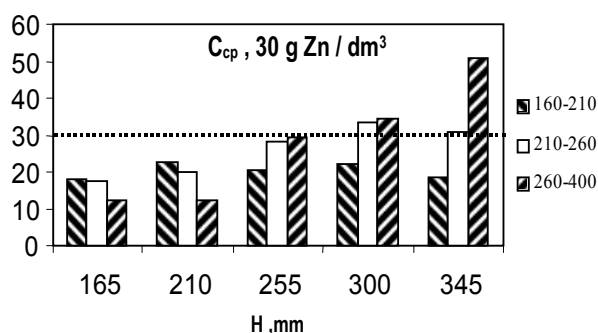
Първата серия от опити цели установяване условията на суспендиране в реакционната колона на циментатора. За целта е необходимо да се установи състоянието на суспензията в обема на реакционната колона при три различни концентрации на Zn прах- 3%,6% и 12% гъстота на пулпа, а също така при три различни диапазона на оборотите на разбъркване на бъркачката (160-210 min<sup>-1</sup>, 210-260 min<sup>-1</sup> и 260-400 min<sup>-1</sup>). Установяването на разпределението на суспензията в колоната се извършва чрез опробване от 5 нива по височината на колоната, филтруване през синя лента филтърна хартия, изсушаване до постоянно тегло на Zn прах в сушилни и измерване на аналитична везна.

Втората група от опити цели установяване разпределението по класи на Zn прах в циментатора по височината му. За провеждането на този експеримент е необходимо при установени подходящи условия на суспендиране в реактора, да се вземат проби от три различни височини на Zn суспензия, да се извърши зърнометричен анализ и същия да се сравни със зърнометричния състав на изходния Zn прах.

Друга основна задача на този експеримент е установяването степента на деаерация на продукционния разтвор постъпващ в циментатора. За целта се измерва съдържанието на разтворен кислород при различен вакуум създаден от вакуум помпата, влиянието на температурата върху процеса, деаерацията на разтвора чрез продухване с N<sub>2</sub> и влиянието на разбъркването. За измерване съдържанието на разтворен кислород в течната фаза се

използва полярографски датчик за измерване на разтворен кислород на фирмата “Ingold” .

Друга експеримент е свързан с установяването на скоростта на утаяване при три различни концентрации на цинка - 3%, 6% и 12%. Опитът се провежда в мерителен цилиндър от 1 dm<sup>3</sup> и визуално отчитане на избистрения слой в H [mm] за определено време t[s]. Като част от този експеримент е и проверката на ефективната работа на утайтелната камера на циментатора. За целта на преливника се поставя филтър за улавяне на евентуално неутаените частици Zn. Масовия разход на постъпващата в камерата суспензия за този опит трябва да съответства на минималното контактно време на разтвора.

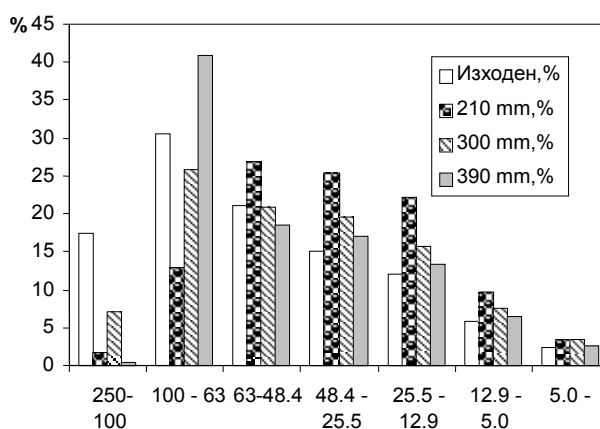


## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

При проведените серия от експерименти се установи сравнително равномерно разпределение на цинковата суспензия в работния обем на циментатора за трите гъстоти на пулпа (3%, 6%, 12%) при механично разбъркване с обороти в диапазона  $210 \div 260 \text{ min}^{-1}$  и значително отклонение от средната концентрация в диапазоните  $210\text{-}160 \text{ min}^{-1}$  и  $260\text{-}400 \text{ min}^{-1}$  (Фиг.2).

Фигура 2. Разпределение на Zn суспензия при три различни концентрации и обороти на разбъркване

Разпределението на класите Zn прах по височина в реакторната колона е показано на фиг.3. Приведените резултати за разпределението по класи в три различни височини (210 mm, 300 mm и 390 mm) са получени при механично разбъркване с  $260 \text{ min}^{-1}$ , при гъстота на пулпа в диапазона  $6\% \div 12\%$  и поддържане постоянно ниво на запълване в реактора  $H = 382 \text{ mm}$  (обем на течната фаза  $1 \text{ dm}^3$ ).



Фигура 3. Разпределение на класите Zn прах по височина в реактора

При сравнение на зърнометричния състав на цинковия прах в тези три височини с изходния основен зърнометричен състав (таб. 1), може да се направи извода, че относителния дял на класите  $+63 -100 \mu\text{m}$  (която е с най-голямо съдържание в изходния материал - над 30%), нараства по височина в колоната, едрите класи в диапазон  $+100 - 250 \mu\text{m}$  и  $+250 \mu\text{m}$  намаляват по височина и очевидно са съсредоточени в дъното на реактора под 165

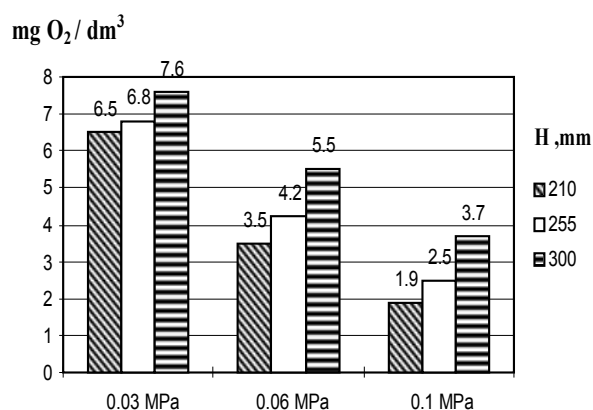


Таблица 2 Съдържание на  $\text{pO}_2$  при различни условия в реакционната колона

Вариант №	Описание на условията на деаерация	$\text{Cp, O}_2$ $\text{mg/dm}^3$
1	0,1 МПа с разбъркване при $210 \text{ min}^{-1}$ , $18^\circ\text{C}$ , $0,5 \text{ dm}^3/\text{min}$ дебит на разтвора	4,17
2	0,1 МПа без разбъркване, $18^\circ\text{C}$ , $0,5 \text{ dm}^3/\text{min}$ дебит на разтвора	3,96
3	0,1 МПа с разбъркване при $210 \text{ min}^{-1}$ , $35^\circ\text{C}$ , $0,5 \text{ dm}^3/\text{min}$ дебит на разтвора	1,72
4	деаерация с $\text{N}_2$ при дебит $2 \text{ dm}^3/\text{min}$ и разбъркване при $210 \text{ min}^{-1}$	0,93
5	деаерация с $\text{N}_2$ при дебит $2 \text{ dm}^3/\text{min}$	0,72

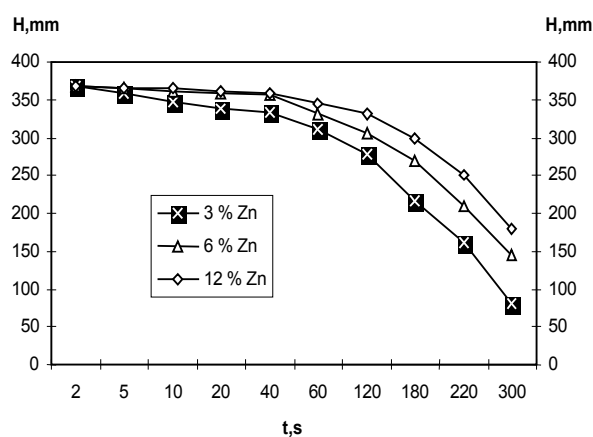
Най-дребните класи  $-63 +1,3 \mu\text{m}$  са разпределени сравнително равномерно, предимно в средната и горната част на колоната. На базата на тези резултати е очевидно, че материала с най-висока средна относителна специфична повърхност се оказва локализиран в диапазона  $210 \div 345 \text{ mm}$  по височината на реакторната камера.

В друга серия от опити е измервано съдържанието на разтворен кислород в циментатора при различни условия на деаерация в средата подавана в реактора. При всички варианти дебита на продукционния разтвор е  $0,5 \text{ dm}^3/\text{min}$ . На фиг.4 е показано съдържанието на разтворен кислород по височина в реактора при три различни стойности на вакуума в деаерационната колона ( $0,03$ ;  $0,06$  и  $0,1 \text{ МПа}$ ),  $18^\circ\text{C}$  и механично разбъркване с  $210 \text{ min}^{-1}$ . Контактното време на разтвора в деаерационната камера (полезен обем на запълване  $5 \text{ dm}^3$ ) е около  $10 \text{ min}$ .

Съдържанието на разтворен кислород при пет различни варианта на деаерация е показано в табл. 2. Най-добри резултати се получават при вариантите с продухване в обема на реактора с азот и при предварителна вакуумна деаерация с  $0,1 \text{ МПа}$  и  $35^\circ\text{C}$ .

Установената динамика на утаяване на цинковите частици при три различни концентрации на суспензията ( $3\%$ ,  $6\%$  и  $12\%$ ) е съгласно получените данни, представени на фиг. 5. В съответствие с получените резултати се установява над  $95\%$  утаяване на  $\text{Zn}$  частици и при трите плътности на пулпа за около  $300 \text{ s}$ , т.е действителната скорост на утаяване е около  $1,2 \text{ mm/s}$ .

При работата на циментатора и неговата утайтелна камера се установи, че при максимална гъстота на суспензията от  $12\%$  и минимално контактно време от  $22 \text{ s}$  в реакторната колона (дебит около  $1,15 \text{ dm}^3/\text{min}$ ), в утайтеля се улавят всички цинкови частици с изключение на най-фините (с размери под  $5 \mu\text{m}$ ).



### ИЗВОДИ

1. Проектиран и конструиран е лабораторен циментатор, работещ с  $\text{Zn}$  прах, за циментация на злато-съдържащи продукционни разтвори при работен обем  $1 \text{ dm}^3$  и височина  $450 \text{ mm}$ . Принципа на действие се базира на суспендиране на твърдата фаза чрез механично разбъркване в реакторна колона и последващо утаяване в утайтелна камера.

2. Реализираната технологична схема позволява регулиране работата на циментатора чрез вариране на контактното време и условията на предварителна вакуумна деаерация.

3. Установени са условията на суспендиране в циментатора в диапазоните  $160 - 210 \text{ min}^{-1}$ ,  $210 - 260 \text{ min}^{-1}$  и  $260 - 400 \text{ min}^{-1}$ . Установява се, че при обороти между  $210 \text{ min}^{-1}$  и  $260 \text{ min}^{-1}$  се получават оптимални условия на суспендиране, при които концентрацията на  $\text{Zn}$  по височина в колоната варира около средната за съответната гъстота на пулпа. При  $160 \text{ min}^{-1}$  и при  $400 \text{ min}^{-1}$  се наблюдава неравномерно разпределение на суспензията в реактора, със значителни отклонения от средните концентрации.

4. По отношение разпределението на класите  $\text{Zn}$  прах по височина в циментатора се характеризира с голямо разнообразие. Едрите класи в диапазона  $-250 +160 \mu\text{m}$  се локализируют в долната част на реакционната колона (под  $165 \text{ mm}$ ), основната класа  $+63 -100 \mu\text{m}$  е сравнително равномерно разпределена в средната част на реактора ( $165 - 300 \text{ mm}$ ). Най-дребната класа в диапазона  $-63 +1,3 \mu\text{m}$  се разпределя сравнително равномерно в целия обем на реактора.

5. Установени са оптимални условия на деаерация при стойност на вакуума над  $0,1 \text{ МПа}$  в деаерационната камера и при продухване с  $2 \text{ dm}^3/\text{min}$   $\text{N}_2$ . Достигнато съдържание на разтворен кислород в реакционната камера е под  $1 \text{ mg/dm}^3$ .

6. Измерената действителна скорост на утаяване на  $\text{Zn}$  суспензия е  $1,2 \text{ mm/s}$ . При непрекъснат режим на работа на утайтелната камера, максимална гъстота на суспензията и максимален дебит  $1,15 \text{ dm}^3/\text{min}$  се установява ефективно утаяване на  $\text{Zn}$  частици.

7. За ефективната работа на циментатора е необходимо класите цинков прах над 160  $\mu\text{m}$ , за които се установява задържане в долната част на реактора и очевидно по-ниска специфично относителна повърхност както и класите под 5  $\mu\text{m}$ , който са трудно утаими в камерата и по-лесно разтворими в разтвора, е необходимо да бъдат премахвани в изходния Zn прах.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Nicol.M.J., Schalch.E. and Balestra.P. 1979. A modern study of the kinetics and mechanism of the cementation of gold. J.S. Afr. Inst. Min. Metal, 79 : 191 - 198.
- Potter G. M., 1980. Merrill - Crowe Precipitation of Precious Metals by Zinc Dust. Proceedings of Arizona Conference. AIME, Tucson, Arizona, May.
- Tran T., 1991. The effect of lead on the cementation of gold by zinc. Hidrometallurgy 26.
- Hsu. Y.J and Tran.T. 1996. Selective removal of gold from copper - gold cyanide liquors by cementation using zinc. Miner. Eng., 9 (1).

- McDougall G.J., and Hancock R.D. 1981. Gold complexes and activated carbon, J. South African Inst. Min. Met., pp. 138 - 152, April.
- Zarraa M. A. 1996. Effect of surface - active substances on the rate of production of copper powder from copper sulfate solutions by cementation on zinc rods gas sparger reactors. Hidrometallurgy, vol. 41.
- Guerra E., Dreisinger D.B. 1999. A study of the factors affecting copper cementation of gold from ammoniacal thiosulphate solution, Hydrometallurgy 51, 155-172.
- Ornelas J., Marquez M. and Genesca J. 1998. Cementation kinetics of an industrial of  $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$  with granular spherical zinc in vibrating reactor. Hydrometallurgy, 47, 217 - 229.
- Miller J.D., Wan R.Y., Parga J.R. 1990. Characterization and electrochemical analysis of gold cementation from alkaline cyanide solution by suspended zinc particles. Hidrometallurgy, 24, 373 - 392.
- Nguyen H.H., Tran T., Wong P.L.M. 1997. A kinetic study of the cementation of gold from cyanide solutions onto copper. Hidrometallurgy 46, 55 - 69.

*Препоръчана за публикуване от  
катедра "Инженерна геоекология" на ГПФ*

# TREATMENT OF GOLD-BEARING SOLUTIONS BY CEMENTATIONS WITH METALLIC ZINC

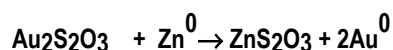
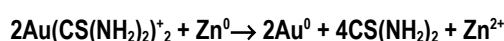
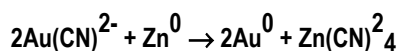
Antony Angelov, Stoyan Groudev

Department of Engineering Geoecology  
University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski"  
Sofia 1700, Bulgaria

Pregnant solutions containing dissolved gold and silver after leaching of an oxide ore by means of amino acids of microbial origin and thiosulphate ions were treated by cementations with metallic zinc to precipitate the precious metals. The treatment was carried out in cementator with mechanical stirring under batch conditions. The optimum conditions with respect to the pulp density, particle size distribution of the zinc powder, pH, Eh, temperature and residence time were established. The prior deaeration of the gold-bearing solutions to dissolved oxygen concentrations lower than 1 mg/l facilitated the cementation process by decreasing the zinc consumption. Under the optimum conditions, more than 98% of the gold was precipitated by the cementator from pregnant solutions containing from 0.5 to 5.0 mg/l gold.

## INTRODUCTION

Zinc-dust cementation for gold and silver recovery, also well-known as the Merrill-Crope process is the one of the most common contact – reducing processes in hydrometallurgy (Nicol *et al.*, 1979). Cementation is the electrochemical precipitation of one metal by using another metal as a reducing agent. Zinc is element that has been studied for use as cementing agent for gold/silver pregnant solutions (Tran *et al.*, 1991).



The treatment technologies of mineral raw materials contains refractory gold ores, are an aggregate of chemical, biological, and physical processes. Gold –bearing solutions have been treated by means of different type methods. Thiosulphate leaching of gold is a proposed alternative to cyanide leaching (Potter, 1980; Hsu *et al.*, 1996 and McDougall *et al.*, 1981), in this technology are well-known that common used adsorption onto active carbon doesn't give a good results. Zinc–dust cementation are only one alternative method for the process.

Technological realizations of cementation process have to obtain and include following stages –clarification of production solution, deaeration, addition of zinc-dust, and extraction of gold-zinc dust. This succession has been determinate by factors effecting into cementation –concentration of Au/Ag in solution, preliminary deaeration, temperature, pH, stirring speed, addition of surface active

agents (Miller *et al.*, 1990; Nguyen *et al.*, 1997).

Chemical reactors applying for cementation by using zinc powder possess different construction according to kind of zinc and way of reactor operation. In wide spread practice are applying following type reactors- fixed bed reactors, fluid bed reactors, drum type reactors with granular zinc, airlift reactors and stirring type reactors (Ornelas *et al.*, 1998). On different examination are investigating to cement noble metals into Fe, Cu, and Al (Zarrea, 1996; Guerra *et al.*, 1999).

This study focused on task to testing batch-scale reactors working with zinc powder on real pregnant solutions. Here are investigate how the factors of different suspension conditions, influence of paramilitary deaeration, resistant time affecting gold cementation performance using zinc dust. This data will be give information for scale up the cementation process.

## EXPERIMENTAL

Investigation the process for treatment of gold –bearing solutions by cementation with metallic zinc was project and constructed batch –scale installation –fig.1. In this scheme in cementator are combined structures include reaction column where by mechanical stirring are suspended zinc powder and vertical settlings tank for accumulation a cementation product.

A mutual agreement on Fig.1 the way of operation in selected technological scheme is –production solution pumped into peristaltic pump 8 in deaeration column made of acrylic plastic with high 960mm and diameter 100 mm (volume 7,5 dm<sup>3</sup>) During the operation are provide for level of liquid phase reach to 2/3 by volume of the column (volume 5 dm<sup>3</sup>).



Table 1. Granulometric analyses of zinc dust

$\mu\text{m}$	250	250 - 160	160 - 100	100 - 80	80 - 63	63 - 48.4	48.4 - 34.4	34.4 - 29.5
%	5.45	10.42	1.76	25.78	5.09	16.12	0	8.09
$\mu\text{m}$	29.5 - 25.5	25.5 - 19.3	19.3 - 16.9	16.9 - 12.9	12.9 - 8.6	8.6 - 5.0	5.0 - 1.3	< 1.3
%	7.06	3.65	4.22	4.17	2.68	3.19	1.65	0.67

Deaeration process was supply with oil vacuum pump "Edwards-4". Peristaltic pump "Ismatech" delivery a smoothness control for output flow in range  $0=1,150 \text{ dm}^3 / \text{min}$ . Automatic titration system "Metrom"-7 delivery optimal pH in cementation column reactor. Production solution inflow under bottom the reactor 5 around the thrust bearing and get in touch the zinc dust suspension. The agitator shaft is overall length

about 720 mm. The type of agitation system is three -section frame mixer. After precipitation of zinc product in settlings tank, pure solution outflow into collector tank 11. Here is possible to heating reaction column by water shirt with supplying on water bath 8.

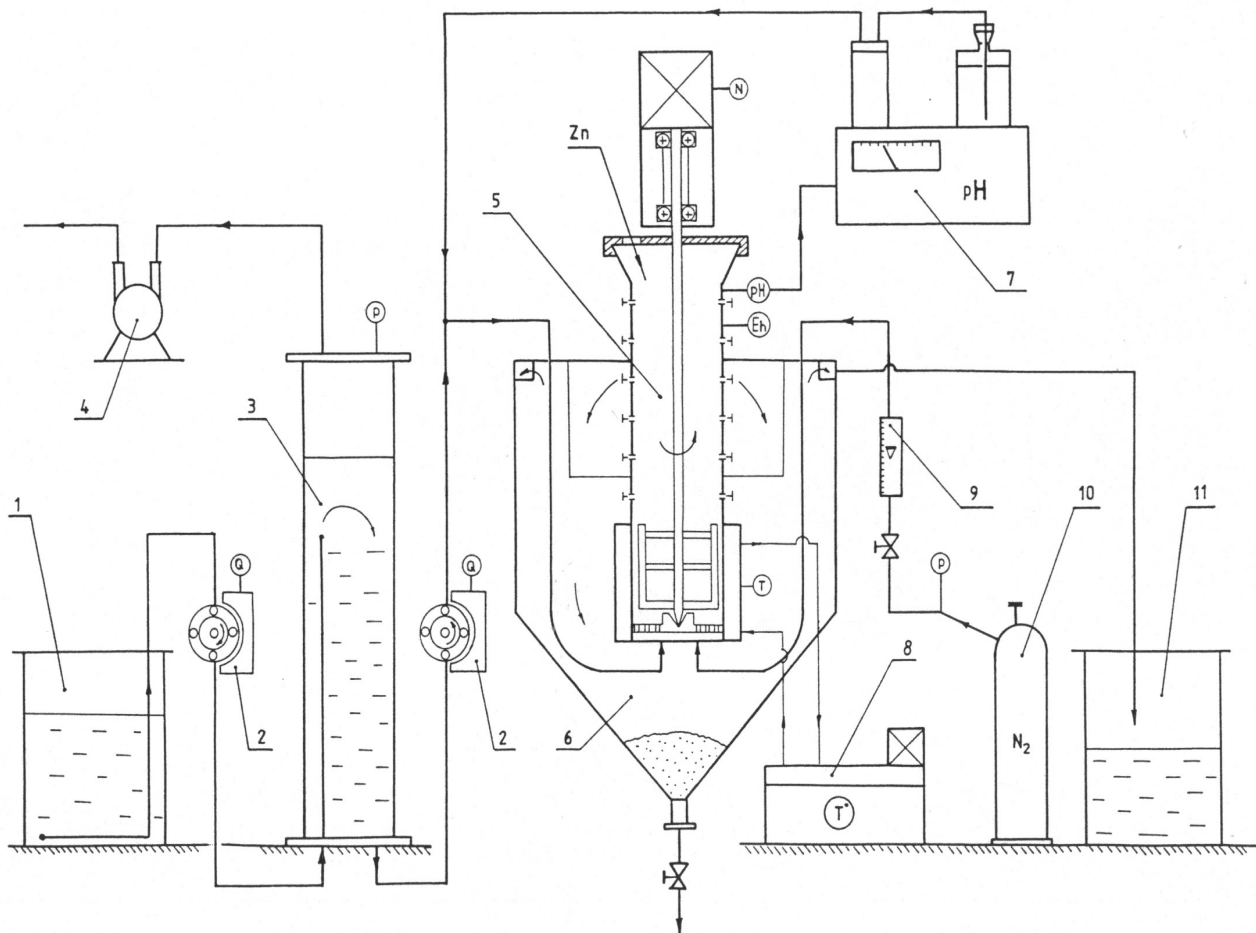
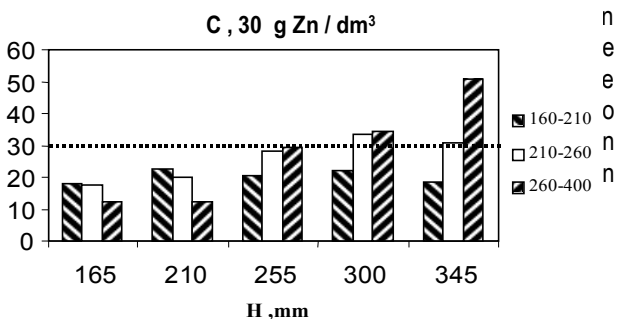


Figure 1. Batch-scale cementation installation

1 - Production solution tank, 2 - Peristaltic pump, 3 - Deaeration column, 4 - Vacuum pump, 5 - Reaction cementation column, 6 - Settlings tank, 7 - Automatic titration system, 8 - water bath, 9 - Rotameter, 10 - Nitrogen cylinder, 11 - Collector tank.



conditions in batch scale installation was made a several group experiments.

compared with starting granulometry of zinc dust.

Other main aim is setting of deaeration condition on production solution inflow to the cementation reactor. This aim have exact for measuring of dissolved oxygen onto different vacuum conditions, temperature influence, and stirring speed influence. For measuring dissolved oxygen was used polarographic sensor “Ingold”.

The last experiments are connected with establishment of precipitation speed by the three different concentration s of zinc powder (3, 6, 12g/dm<sup>3</sup>) in suspension. The test was made in measure cylinder with 1dm<sup>3</sup> volumes and visual reading of clear layer. The part of this experiment is testing a work of settlings tank in steady-state conditions. The mass –input flow onto settlings tank have to be less than resistant time for gold bearing solution.

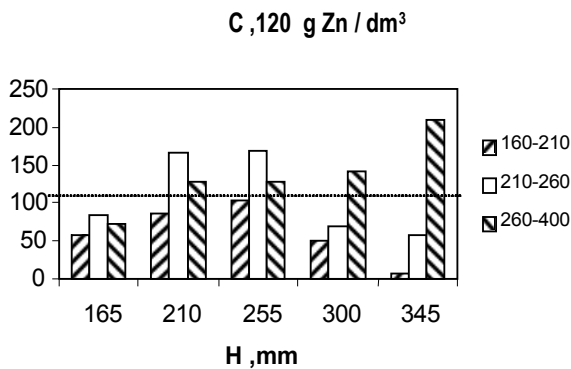


Figure 2. Dispersion of zinc dust suspension on different concentrations

The first series of experiments aim to establish suspension conditions in reactor column. This aim was needed to set conditions of suspending in reactor column volume onto three different concentration of zinc dust -3%,6%,12% . Besides the cementation conditions will be observe onto three different range of stirring (160-210 min<sup>-1</sup>, 210-260 min<sup>-1</sup> and 260-400 min<sup>-1</sup>). Distribution of suspension was established by sampling into five column levels. The samples were filtering through “blue-line” filter paper, drying onto constant dry weight, and measured on analytical balance.

The second series of experiments aim to establish distribution on granulometry of zinc dust in reaction column. These experiments were demand for making to establish suitable conditions on suspending in reactor and sampling of three different points onto column. The granulometry of these samples were

## RESULTS AND DISCUSSION

The distribution of zinc particles were studied of three different concentration of zinc dust on varied rotating speed. This shown on Fig.2 where distribution of zinc powder are steadiness on rotation speed between 210-260 min<sup>-1</sup> and have a large deviation from average concentration in ranges 260-400 min<sup>-1</sup> and 160-210 min<sup>-1</sup>.

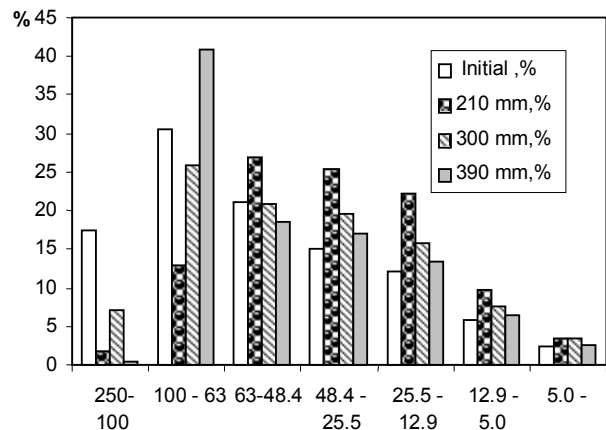
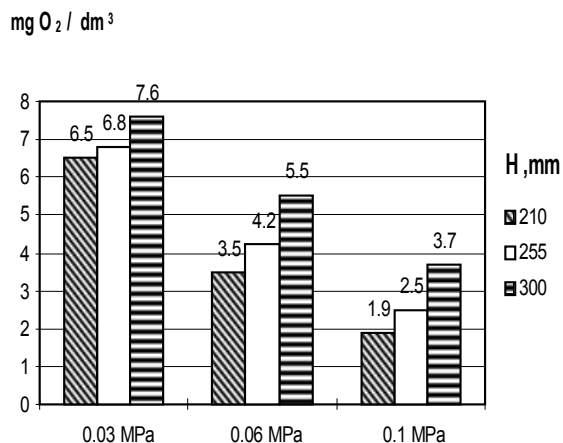


Figure 3. Distribution of classes zinc powder on column high

Distribution of different zinc dust size particles was showed on Fig.3. The reduced results on zinc particles distribution in three different high (210,300,390mm) was obtained into stirring speed 260 min<sup>-1</sup>. The concentration of zinc dust in this experiment was between 6 -12% and supplying the constant level of liquid in reactor column H = 382 mm (volume 1dm<sup>3</sup>).

The comparison between zinc dust granulometry of three different high of reaction column and initial zinc dust shown on Table1 ,be able to made a conclusion so , relative particle size classes between + 63 and -100 μm (over 30% in beginning piratical size) was increase on the high column. The coarse-

grained zinc dust between +100 and -250 $\mu\text{m}$ , was decrease onto high to column. The fine-grained zinc dust particles between -63 and +1,3 $\mu\text{m}$  was distributed relatively steadiness in the middle and top of the reaction column. This results show that the zinc particles with most specific surface are present in range 210-345 mm on the column high.



On other group tests were measured dissolved oxygen content in reaction column with different conditions of deaeration. The input of production solution in all variants is consisting about 0,5dm<sup>3</sup>/min. On fig.4 are showed dissolved oxygen concentrations on the column high with three different values of vacuum (0,03 MPa, 0,06 MPa, and 0,1 MPa). The temperature was 18°C and speed of mechanical stirring 210min<sup>-1</sup>. The resistant time on production solution in deaeration column was 10min (working volume 5 dm<sup>3</sup>).

The content of dissolved oxygen on five different variants of deaeration is showed in table 2. The best results were obtained in variants with nitrogen bottom blowing and vacuum deaeration on 0,1MPa with temperature 35°C.

Table 2 Dissolved oxygen content on different deaeration condition

№	Deaeration condition	C, O <sub>2</sub> mg/dm <sup>3</sup>
1	0,1 MPa with mixing on 210 min <sup>-1</sup> , 18 °C, input flow -0,5 dm <sup>3</sup> /min	4,17
2	0,1 MPa without mixing, 18 °C, input flow - 0,5 dm <sup>3</sup> /min	3,96
3	0,1 MPa with mixing on 210 min <sup>-1</sup> , 35 °C, , input flow - 0,5 dm <sup>3</sup> /min	1,72
4	Deaeration with N <sub>2</sub> , 18 °C, input flow - 2 dm <sup>3</sup> /min with mixing on 210 min <sup>-1</sup>	0,93
5	Deaeration with N <sub>2</sub> , 18 °C, input flow- 2 dm <sup>3</sup> /min	0,72

The established dynamics of zinc dust precipitation of three different concentration of suspension are showed on Fig.5. According to obtained results was established over 95% precipitation of zinc dust for time of 300 s – 1,2 mm/s speed of settlings. In real time working the column reaction and settlings tank was established for maximally concentration of zinc dust of 22 s (input-flow 1,15 dm<sup>3</sup>/min) in settlings tank was holed back all of zinc particles without size lower than 5  $\mu\text{m}$ .

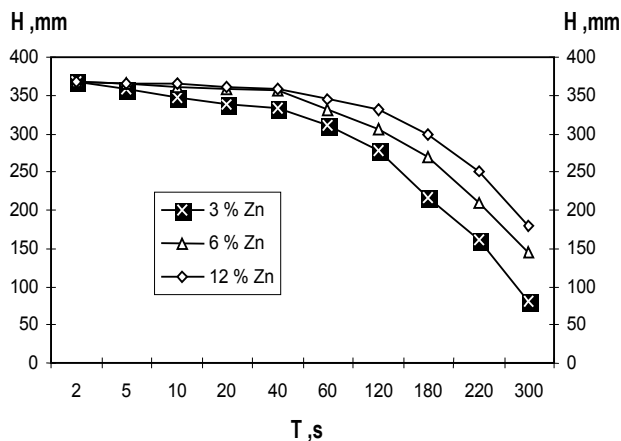


Figure 5. Precipitation diagram of different concentration zinc powder

## CONCLUSIONS

- The batch scale cementator was projected and constructed for pregnant solutions containing gold and silver with 1 dm<sup>3</sup> working volume and 450mm high. The basic principle of work in this chemical reactor is a suspending the zinc dust with continuous precipitation in settlings tank.
- The preparing technological scheme allows controlling cementation process with change of resistant time and condition of preliminary deaeration.
- The condition of suspending in cementator column was established in range 160-210 min<sup>-1</sup>, 210-260min<sup>-1</sup> and 260-400min<sup>-1</sup>. The optimal stirring speed in cementator was obtained between 210-260min<sup>-1</sup>, in this conditions concentration of zinc dust change around average on the initial zinc dust material. On stirring speed between 160-210min<sup>-1</sup> and 260-400min<sup>-1</sup> was established no regular distribution of zinc particles.
- Distribution of different classes zinc particles has a large variety. The coarse-grained zinc particles (between - 250+160 $\mu\text{m}$ ) was located in bottom part of column (under 165mm), the basic classes (range +63-100 $\mu\text{m}$ ) was relatively steadiness distribute in middle part of column (165-300mm) and the fine -grained classes in range -63+1.3 $\mu\text{m}$  distributed steadiness in all volume of reactor column.
- The optimal conditions of deaeration were obtained with value of vacuum over 0,1MPa in deaeration column and under the nitrogen bottom blowing in reactor column. The obtained contain of dissolved oxygen in reactor column was under 1 mg/dm<sup>3</sup>.
- Real speed of settlings was measured on 1,2mm/s. Efficiently precipitation of zinc dust was obtain on steady-state

type of work of settlings tank in maximum input-flow 1,15dm<sup>3</sup>/min

- Effective way of working of cementator necessary the classes of zinc dust over 160 μm and classes fewer than 5μm have to be removed.

#### REFERENCE

Nicol.M.J., Schalch.E. and Balestra.P. 1979. A modern study of the kinetics and mechanism of the cementation of gold. J.S. Afr. Inst. Min. Metal, 79 : 191 - 198.

Potter G. M. 1980. Merrill - Crowe Precipitation of Precious Metals by Zinc Dust. Proceedings of Arizona Conference. AIME, Tucson, Arizona, May.

Tran T. 1991. The effect of lead on the cementation of gold by zinc. Hidrometallurgy 26.

Hsu Y.J and Tran.T. 1996. Selective removal of gold from copper - gold cyanide liquors by cementation using zinc. Miner. Eng., 9 (1).

McDougall G.J., and Hancock R.D. 1981. Gold complexes and activated carbon, J. South African Inst. Min. Met., pp. 138 - 152, April.

Zarraa M. A. 1996. Effect of surface - active substances on the rate of production of copper powder from copper sulfate solutions by cementation on zinc rods gas sparget reactors. Hidrometallurgy, vol. 41.

Guerra E., Dreisinger D.B. 1999. A study of the factors affecting copper cementation of gold from ammoniacal thiosulphate solution, Hydrometallurgy 51, 155-172.

Ornelas J., Marquez M. and Genesca J. 1998. Cementation kinetics of an industrial of  $\text{Ag}(\text{CN})_2^-$  with granular spherical zinc in vibrating reactor. Hydrometallurgy, 47, 217-229.

Miller J.D., Wan R.Y., Parga J.R. 1990. Characterization and electrochemical analysis of gold cementation from alkaline cyanide solution by suspended zinc particles. Hidrometallurgy, 24, 373 - 392.

Nguyen H.H., Tran T., Wong P.L.M. 1997. A kinetic study of the cementation of gold from cyanide solutions onto copper. Hidrometallurgy 46, 55-69.

*Recommended for publication by Department  
of Engineering Geology, Faculty of Geology*