

ИЗВЛИЧАНЕ НА БЛАГОРОДНИ МЕТАЛИ ОТ ШЛАКА ЧРЕЗ ФЛОТАЦИЯ СЪС СМЕС ОТ МОДИФИЦИРАН ТИОНОКАРБАМАТ И АЛКИЛОВ КСАНТОГЕНАТ

Александър Хаджиев

Геологически институт, Българска Академия на Науките, 1113 София, alex_hadjiev@geology.bas.bg

РЕЗЮМЕ. В доклада са представени резултатите от серия лабораторни опити по флотация на шлака, получавана в предприятие, произвеждащо благородни метали и техните сплави. Основните ценни компоненти в шлаката са злато(13.77g/t), сребро(65.91g/t), мед(0.61%) и олово(1.98%). Златото и среброто присъстват в шлаката под формата на сплави с олово и мед, като преобладаваща е оловната сплав. Шлаката е натрошена, смляна и мокро пресята през сито с размер на отворите 0.20mm, за да се отделят едрите частици. Подситовата фракция е подложена на флотация при pH≈11 на суспензията, като събирател е използвана смес от модифициран тионокарбамат и алкилов ксантогенат. Флотационната схема, състояща се от една основна, две пречистни и една контролна флотации, осигурява 80% извличане на златото и 85% извличане на среброто от шлаката. В хода на изследването беше установено, че при много фино смилане(100% -0.063mm), качеството на получените концентрати и извличането на благородните метали се повишават значително спрямо тези, получени при по-едро смилане на шлаката. Установено е, че 75% от медта в концентрата, получен от шлаката, е разтворима в амонячен разтвор.

REPROCESING OF NOBLE METALS CONTAINING SLAG BY FLOTATION WITH BLEND OF MODIFIED THIONOCARBAMATE AND ALKYL XANTHATE

Alexander Hadjiev

Geological Institute, Bugarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, alex_hadjiev@geology.bas.bg

ABSTRACT. The contribution presents results obtained from series of laboratory batch flotation tests conducted on slag, generated by a gold smelting plant. The slag contains the following valuable components gold(13.77g/t), silver(65.91g/t), copper(0.61%) and lead(1.98%). The gold and silver were present in lead and copper alloys, as the dominant phase being lead alloy. The slag was crushed, ground, wet screened on a 0.20mm sieve to remove coarse particles, and floated at pH≈11 using as a collector blend of modified thionocarbamate and alkyl xanthate in all flotation experiments. The flotation scheme includes rougher flotation, two cleaner flotations and scavenging flotation. Total gold recovery reached 80% and silver recovery was 85%. Major differences in gold and silver recoveries for the flotation tests on the slag were observed with the finely and coarsely ground slag, giving better grades and higher recoveries in case of superfine grinding(100% -0.063mm). The leaching test carried on the slag concentrate indicated the opportunity to remove 75% of copper.

Въведение

През последните пет години се наблюдава трайна тенденция на няколкократно повишение на цените на благородните и цветните метали на борсите (www.kitco.com/charts) в Ню Йорк, Лондон и Далечния изток. Повишеното търсене на благородните метали заедно с растящата загриженост на човечеството за опазване, съхраняване и възстановяване на околната среда(www.epa.gov/epaoswer/other/mining/techdocs), накара много компании от минната и металургична промишленост да насочат част от своя финансов, научноизследователски и технологичен ресурс в преработката и рециклирането на вторични и отпадни продукти от техните производства (<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/recycle>). В нашата страна тази дейност се развива успешно от десетилетия в предприятията от металургичната и минната промишленост. Глобализирането на икономиката позволи свободното търсене, предлагане и движение на вторични продукти между различните държави. Преработката на отпадъци, рециклирането вторични суровини и продукти заема все по-широко място в индустриите на водещите развити страни, като осигурява

чиста природа, съхранение на природните ресурси, висок стандарт на живот на населението и нови работни места. В нашата страна има фирми със значителен опит в преработката на вторични продукти от минната и металургична промишленост, които са добре технологично екипирани и имат възможности да купуват продукти, съдържащи ценни компоненти, като например благородни и цветни метали.

Проба от металургична шлака, получавана в чуждестранно предприятие за производство на благородни метали, беше предоставена от българска фирма на Геологическия институт за извършването на химичен анализ и провеждане на лабораторни технологични изследвания. Анализът за наличие на арсен, антимон и живак в шлаката беше отрицателен, а златото и среброто бяха в приемливи за купувача концентрации, което позволи да бъдат внесени промишлени количества за преработка в страната ни. Проведените лабораторни технологични изследвания с металургичната шлака предоставиха технологична схема за нейната преработка, данни за вида и разходите на използваните реагенти и времената на флотациите.

Материали и методика

Изследванията са извършени с проба от металургична шлака, която се получава при производството на злато и златни сплави за ювелирни изделия. Тази шлака се състои основно от метални окиси, силициев диоксид, ди-натриев тетраборат. Шлакът в разтопено състояние представлява разтвор на алкални и кисели окиси, а така също на образувания от тези компоненти химически съединения. Химическите съединения, които влизат в състава на шлаката частично дисоциират както с образуване на йони, така и с образуване на свободни окиси. В изследваната шлака беше установено наличие на метални сплави, като преобладаваща беше оловната сплав.

Преди да бъде внесена металургичната шлака, от нея беше взета на място средна проба, която беше анализирана за арсен, антимон и живак. Химичният анализ не показва наличието на тези елементи. От партидата с шлака, изпратена в България, бяха взети три проби за определяне съдържанието на злато, сребро, мед и олово. Резултатите от химичния анализ са дадени в таблица 1.

Таблица 1.

Химичен анализ на ценните елементи в металургичната шлака

Проба	Съдържание			
	Au, g/t	Ag, g/t	Cu, %	Pb, %
1	18.06	75.00	0.68	3.56
2	12.40	68.30	0.62	2.25
3	13.77	65.91	0.61	1.98

Проба 3 съдържаше необходимото количество шлака за провеждането на лабораторни технологични изследвания. Максималният размер на късовете шлака в нея беше 120mm. Пробата беше натрошена и смляна до едрина на частиците 80% -0.074mm. На смленият продукт беше извършено контролно пресяване през сито 0.2mm за да се отделят едрите частици, които не са могли да бъдат смлени. Добивът на надситов продукт беше 2%. Макроскопското наблюдение на този материал показва, че в него близо 40% са оловни сплави.

Смленият материал от проба 3 беше подложен на лабораторни опити по флотация, като целта е била да се получи флотационен концентрат, съдържащ благородните метали. Схемата, по която се провеждаха опитите включваше една основна флотация, една контролна флотация и две пречистни флотации. Опитите се провеждаха във флотационна машина ФМ1М, която има сменяеми клетки с различен обем. В тази машина количеството въздух, подавано във флотационната камера, може да бъде регулирано. Обороти на импелера на флотационната машина също са регулируеми. Използваната за основна и контролна флотация клетка беше с обем 1000cm³, а пречистните флотации бяха провеждани в клетка с обем 500cm³. Използваният събирател е нов продукт на известна американска компания и представлява смес от модифициран

тионокарбамат и алкилов ксантогенат, разтворени в изобутанол и пентиллов алкохол. Той е предназначен за събирател при флотация на сулфидни минерали и благородни метали. Той се препоръчва от производителя като подходящ събирател при флотация на шлаки, съдържащи цветни и благородни метали и сплави. Съдържанието на твърда фаза в суспензията, приготвяна за провеждане на флотационните опити, беше 25%. Водата, употребявана за флотационните опити, беше взимана от Софийския водопровод. Съдържащите се в шлаката алкални водоразтворими химични съединения и добавения като диспергатор разтвор на натриев силикат, създаваха pH≈11 при приготвяне на суспензията за провеждане на флотационните опити. Пянообразователят, използван при опитите, беше водоразтворим и съдържаше полипропилен гликол.

Резултати

Бяха проведени три серии опити с проба 3 от металургичната шлака, като след първата серия бяха избрани събирателя и пянообразователя, след втората серия беше избрана едрината на смилане на материала и последната серия от опити даде информация за разхода на реагенти, времената на флотациите и показателите на технологичната схема, по която са провеждани опитите. В таблица 2 са представени резултатите от химичния анализ на продуктите, получени след флотационните опити.

Таблица 2.

Химичен анализ на продуктите след флотация

Продукт	Съдържание			
	Au, g/t	Ag, g/t	Cu, %	Pb, %
Концентрат	88.70	450.00	3.21	5.42
Междинен продукт	21.30	22.80	1.83	2.25
Отпадък	2.30	11.00	0.16	1.46
Изходна проба	13.77	65.91	0.61	1.98

Концентратът, получен след една основна и две пречистни флотации, има съдържания на злато, сребро, мед и олово, които са напълно приемливи за фирмите преработващи оловно-цинкови и медни концентрати. С този продукт беше проведен тест по излужване на медта с амонячен разтвор, след който нейното съдържание се снижи до 0.8%. Тази информация е полезна, защото означава, че 75% от съдържащата се в концентрата мед е в лесно разтворима форма и може да бъде отстранена, ако потребителят на този продукт е оловно-цинково металургично предприятие. Междинният продукт е формиран от отпадъка на втора пречистна флотация и концентрата от контролна флотация. Отпадъкът се получава след контролна флотация. Този продукт може да се подложи на гравитационно сепариране в центробежно поле за доизвличане на полезните компоненти или да се добавя към шихтата в предприятията, произвеждащи цветни метали. Добивите на продуктите след опитите по флотация и извличанията в тях на златото, среброто, медта и оловото са дадени в таблица 3. Извличанията на

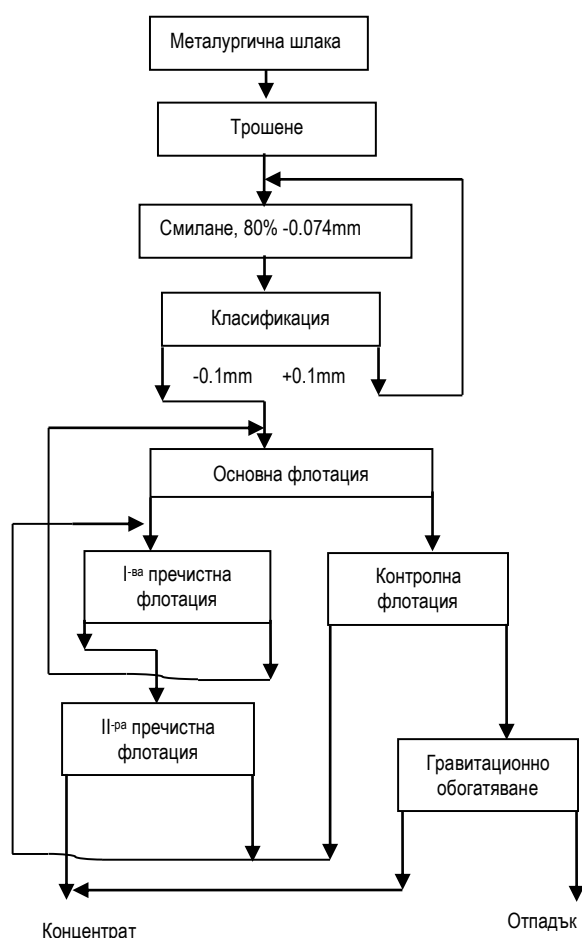
златото и среброто са добри, но те могат да се повишат до 95%, ако се намали едрината на смилане до 100% - 0.063mm и се включи гравитационно разделяне на отпадъка след контролна флотация. По-ниските извличания на медта и оловото се обясняват с факта, че известни проценти от тези елементи са участвали в образуването на комплексни съединения при формирането на шлаката.

Таблица 3.

Технологични показатели на флотационния процес

Продукт	Добив, %	Извличане, %			
		Au	Ag	Cu	Pb
Концентрат	12.4	79.85	84.66	65.79	33.90
Междинен продукт	4.0	6.19	1.38	12.10	4.54
Отпадък	83.6	13.96	13.95	22.11	61.56
Изходна проба	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Резултатите от лабораторните изследвания по флотацията на металургична шлака със събирател, представляващ смес от модифициран тионокарбамат и алкилов ксантогенат, разтворени в изобутанол и пентилов алкохол, позволиха да бъде синтезирана технологичната схема, показана на фиг. 1.



Фиг. 1 Схема на инсталация за преработка на металургична шлака

Възложителят на изследването прие и усъвършенства предложената схема като включи допълнително втора контролна флотация и контролна гравитация на отпадъка в центробежен концентратор „Knelson“, като резултат съдържанието на злато се повиши над 100g/t, а на сребро над 650g/t. Съдържанието мед е между 2 и 3%, на олово стигна до 7%. Трябва да се отбележи, че партидата, внесена в България е нехомогенна и това влияе на показателите на технологичния процес.

Изводи и заключение

Проведеното изследване с шлака, получавана при производството на благородни метали, доказва възможността за успешното приложение на флотационната технология за извличане на съдържащи се в нея ценни елементи в случаите, когато размера на частиците е под 0.2mm. Изборът на реагента-събирател е направен след консултация с фирмата производител, като получените резултати много добре кореспондират с предварително предоставената информация. Стремешът на производителите на флотационни реагенти към синтез на възможно най-подходящи химикали за специфичните цели на потребителите, намери потвърждение в проведените опити с реагента, състоящ се от модифициран тионокарбамат и алкилов ксантогенат, разтворени в изобутанол и пентилов алкохол. Резултатите от изследването са поредното доказателство, че в съвременния свят понятието отпаден продукт, за каквато се смята шлаката, става неактуално и неточно. Тези вторични продукти се превръщат в много случаи в стратегически суровини на настоящето и бъдещето.

Технологичната линия, изградена от възложителя на проведеното изследване, включваща процесите трошене, смилане, класификация, флотация и гравитация, успя да достигне показателите от лабораторните изследвания в промишлени условия. Включването на центробежен концентратор в схемата позволи доизвличането на злато и сребро от шлаката и показва, че прилагането на комбинирани технологии е целесъобразно и необходимо, когато са икономически обосновани. Произведеният концентрат ще бъде закупен от металургична компания за производство на цветни и благородни метали. Отпадъкът от това производство е инертен и не представлява опасност за общественото здраве и околната среда. Той се депонира в лицензирано отпадъкохранилище. Този продукт може да бъде използван като добавка към флюса, приготвян в металургичните предприятия за цветни метали, по данни от американски публикации (www.p2pays.org/ref/18/17052.pdf).

Литература

www.kitco.com/charts
www.epa.gov/epaoswer/other/mining/techdocs
<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/recycle>
www.p2pays.org/ref/18/17052.pdf

Рецензент доц. д-р Кристина Мърхова