

РЕЦЕНЗИЯ

от проф. д-р инж. Георги Клисуранов,
на дисертацията на маг. инж. Станислав Джамьяров, представена за
получаване на образователната и научна степен „Доктор”, по
научната специалност: 02.08.09 „Обогатяване и рециклиране на
суровини”, професионално направление 5.8 Проучване, добив и
обработка на полезни изкопаеми

Дисертацията е на тема: „Алтернативни технологични възможности за флотация на депресиран пирит”, а докторантът е имал за научен ръководител проф. д-р Иван Нишков.

Съгласно решение от Първото заседание на Научното жури, утвърдено със Заповед № Р-832 от 21.10.2020 година на Ректора на Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски”, състояло се на 09.11.2020 година (Протокол № 1), съм предложен и избран за РЕЦЕНЗЕНТ на дисертационният труд.

Във връзка с изискванията на Инструкцията за изготвяне на рецензии (т. 3.2), твърдя, че не съм бил съавтор на докторанта, в публикации, свързани с дисертацията.

Целта на докторанта е била да потърси и изследва допълнителни технологични възможности за флотация на депресиран с варно мляко пирит, при обогатяване на медно-пиритни руди по селективна схема. При обогатяване на такъв тип руда в Обогатителна фабрика „Челопеч“ за флотация на депресирания с вар пирит се използва като активатор сярна киселина (H_2SO_4). Този реагент е агресивен, взаимодейства с металното оборудване и с депресора на пирита – варното мляко ($Ca(OH)_2$) и създава значителни проблеми при обогатяването на медно – пиритната руда на ОФ „Челопеч“.

Докторантът правилно се е ориентирал да потърси и изследва алтернативни възможности за решаване на този проблем.

Сярната киселина при определени условия взаимодейства с калциевия окис и при неутрализацията се получава калциев сулфат, който като взаимодейства с водата се превръща отчасти или изцяло в гипсова фаза, която създава допълнителни проблеми за технологията и оборудването.

Вниманието на докторанта е било насочено към изключване на сярната киселина като активатор и тя да бъде заменена с други реагенти. Задачата е трудна – да се намери заместител на евтината техническа сярна киселина с друг реагент, който да е безвреден, евтин и достъпен.

Литературната справка, която е направил докторанта обхваща общо 87 източника, от които 86 на латиница, като в много от тях са посочени и използваните страници. Това показва много добра осведоменост и дълбочина на проучване. Полезно за докторанта би било да проучи някои източници и на кирилица, за пълнота.

Въз основа на изследванията и препоръките на някои изследователи за възможността да се използват амониеви соли, като активатори, докторанта се насочва да изследва възможностите на някои амониеви соли, да бъдат използвани като заместители на сярната киселина, при флотацията на пирита, депресирани с варно мляко.

Прави много добро впечатление задълбочеността и прецизността на докторанта като изследовател. Оригинален характер има проведените моделни изследвания върху шлифовани пластини от пиритни късове. Прилагани са съвременни и модерни средства за оценка на измененията на пиритната повърхност.

За изследването са използвани: поляризационен микроскоп в отразена светлина, както и сканиращ електронен микроскоп. Химическият състав на минерала е определян с помощта на количествени рентгеноспектрални микроанализи, като е използвана рентгенова фотоелектронна спектроскопия – РФС (XPS). Прилагането на тези модерни средства за измерване на повърхностните изменения преди и след реагентна обработка върху полирани пластини от пирит повишава научната стойност на изследването и показва задълбочеността на подхода на докторанта.

Съвсем правилно методически пробите за изследване са взимани като средни проби от медния отпадък. Сравнени са механичната активация преди обтриване на депресирани пирит и химичната активация със H_2SO_4 . Полезно за изследването би било да се определя и съдържанието на свободен CaO в течната фаза на сгъстения до определена плътност пирит и след рекулпиране на този продукт със свежа вода. При средна плътност на сгъстения продукт около 60% твърда фаза се очаква намалена концентрация на CaO и трябва да се дозира и по-малко количество на H_2SO_4 с цел да се избегне пренасищане и да се проведе пиритна флотация без обтриване на пиритния продукт. Очаква се, поради намалената

концентрация на CaO, да се намали значително и разхода на сярна киселина, за осъществяване на активацията, при което се очаква и минимално образуване на гипсова фаза или изобщо да не се образува.

Разбира се, докторантът е насочил своето внимание към обтриване на сгъстения пиритен продукт, като начин за почистване повърхността на пирита от калциеви покрития и прилагане на следваща флотация. Това също представлява оригинално решение, което се подлага на самостоятелно изследване, с оглед влиянието на параметрите на обтриване, плътност и време и тяхното оптимизиране, при флотация на пирит. Правилно, за сравнение се провеждат и опити с активиране на флотацията на депресирания пирит със H₂SO₄.

С прилагане на рентгенова фотоелектронна спектроскопия – РФС (XPS) са изследвани повърхностите на необработен пирит, след депресиране с CaO и след активиране на пирита със H₂SO₄, както и след механична обработка. Интересни са изводите от рентгеновата фотоелектронна спектроскопия (XPS). Доказва се, че върху пиритната повърхност се съдържа изоморфен примес от Si в кристалната решетка на минерала. Струва ми се, че при медната флотация, пирита се активира от медните йони и за депресията му се употребява голямо количество CaO за да се получи по богат Si концентрат, с което се увеличава значително и концентрацията на CaO в течната фаза на пулпа на медния отпадък. При насищане с калциеви йони, за активация на пирита се употребява големи количества сярна киселина. Пресищането с йони на пулпа води и до образуване на гипсова фаза. Отстраняването на част от течната фаза на пулпа на медния отпадък би позволило пиритната повърхност да се очисти от калциеви йони с по-малък разход на сярна киселина и да се запазят включенията на медта, която допълнително активира флотацията на пирита.

Изводът за благоприятното влияние на обтриването на повърхността на пиритната фаза и почистването ѝ от хидрофилни покрития също спомага за подобряване на флотацията на хидрофобния пирит (FeS₂), което се доказва опитно при третирането с NH₄HCO₃ на пластини от пирит след предварителна обработка с CaO са получени спектри (фиг. IV-7, 8, 9 и 10), които показват, че NH₄HCO₃ разтваря и ефективно отстранява хидрофилните калциеви фази от повърхността на депресирания пирит. Доказва се, че ефектът е аналогичен на спектрите на пирита след обработване на повърхността му чрез обтриване.

Правилно докторанта е изследвал, обтриването като метод за механична активация. Фигура IV-14, IV-17 и IV-20, показват, че с увеличаване на плътността и времето на обтриване се подобряват показателите на пиритна флотация, които достигат тези на опитите със сярна киселина, а при голяма плътност (75% твърдо) ги надминават. Докторанта прави правилния извод, че обтриването на пирита може да бъде алтернатива за активиране флотацията на пирит без употреба на сярна киселина, за почистване на повърхността му от хидрофилни калциеви покрития. Доказва се, че обтриването не оказва влияние върху гранулометрията на продукта „междинен отпадък“ приложено за ОФ „Челопеч“.

Докторантът е изследвал влиянието на различни амониеви соли, за активиране флотацията на депресирани пирит с CaO, при използване на NH_4HCO_3 и оптимален разход 600 гр./тон, резултатите от флотацията на пирита достигат резултатите и леко превъзхождат тези получавани с активатор сярна киселина по отношение на добива на пиритен концентрат и извличане на златото. При използване на NH_4Cl , резултатите са малко по-слаби от тези на NH_4HCO_3 , а при използването на $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ резултатите са практически еднакви с тези на сярна киселина използвана като активатор.

Общия извод на докторанта е правилен, че амониевите соли са възможен алтернативен вариант за заместване на сярната киселина като активатор на пирита депресирани с вар. Логично е, подреждането на амониевите соли в намаляващ ред на активност, като на първо място се поставя NH_4HCO_3 , а на последно $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Определени са и оптималните разходи спрямо третирания меден отпадък. Това е научно-изследователски принос на докторанта.

Правилно докторанта се е ориентирал да изследва и влиянието на рН, при използването на различните соли на амониевия активатор, като се е ориентирал към рН 10,5; 10 и 9,5. Резултатите са интерпретирани компетентно и са направени правилни изводи, че при използването на NH_4HCO_3 се получават по-добри технологични показатели, при най-нисък разход, но трябва да се работи при рН по-малко от 10,5, т.е. трябва да се поддържа рН 9,5 – 10.

Генералният извод на докторанта е, че използването на NH_4HCO_3 е една добра възможност за замяна на сярната киселина, като активатор, за

да се избегне образуването на гипсови отлагания, това също е научно-изследователски принос.

Накрая се предлага и принципна схема на инсталация за приготвяне на разтвор от NH_4HCO_3 .

Считам че, представеният дисертационен труд е сериозна и задълбочена научно-изследователска разработка, насочена към изследване на потенциално възможни технологични решения за преодоляване на вредните последствия от използването на сярна киселина, като активатор на депресирания с вар пирит. Сярната киселина е агресивна, а взаимодействието ѝ с повишени концентрации на калциев окис води до увеличен разход и концентрация на йони, които предизвикват образуването на гипсови отлагания и създават проблеми на техниката и технологията на ОФ „Челопеч“.

Докторанта маг. инж. Станислав Джамяров е успял след обширна и задълбочен литературна справка, обхващаща 86 литературни източника на латиница и 1 на кирилица да проучи опита на западните страни за проблема и търсенето на решения. Така се е ориентирал към използване на амониеви соли, като една възможност за замяна на сярната киселина и отстраняването на вредното образуване на гипс и гипсови отлагания. Така докторанта стига до идеята да провери възможностите и да изследва, чрез лабораторни опити, използването на амониеви соли, за замяна на сярната киселина, като активатор на флотацията на депресиран с вар пирит, в условията на ОФ „Челопеч“, където той работи.

След обширни и задълбочени моделни и лабораторни изследвания докторантът доказва, че е възможно да се използва NH_4HCO_3 като заместител на сярната киселина.

В края на дисертацията, докторанта прави обобщени изводи, които са правилни и имат конкретен характер и характеризират автора като опитен изследовател.

Научно-приложните приноси на дисертацията имат изследователски характер и са много добре описани и в автореферата, с които съм напълно съгласен.

Дисертационният труд е много добре отразен в автореферата. Посочени са 4 броя публикации, като 2 от тях са докладвани на международни форуми в Москва и в Турция. Другите 2 са публикувани в Годишника на МГУ „Св. Иван Рилски“. И в четирите публикации докторанта е на първо място. Три от публикациите са колективни, а едната

е самостоятелна. Следователно основните достижения на докторанта са получили достатъчно популярност в научните среди у нас и в чужбина.

По наукометричните показатели, съгласно Закона за развитие на академичния състав в Р. България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на Закона за развитието на академични състав в Р. България и Правилата и процедурите за приемане и обучение на докторанти и придобиване на образователна и научна степен „Доктор” и научната степен „Доктор на науките” на МГУ „Св. Иван Рилски”, докторанта маг. инж. Станислав Николаев Джамяров напълно отговаря на задължителните количествени показатели за придобиване на ОНС „Доктор“: по група показатели А – присъждам 50 точки, по група показатели Г – 39 точки, общо 89 точки.

Докторантът е представил отлично оформен и съдържателен научно-изследователски труд, но все пак бих направил някои забележки и препоръки:

1. Дисертационният труд би спечелил, ако освен техническите предимства на предложеното химическо и механично активиране, спрямо съществуващата технология е направена и ориентиловъчна икономическа оценка.
2. Да се оцени предложения метод за активация на депресиран пирит с вар и обтриване след сгъстяване на медния отпадък и флотация на пирита без сярна киселина и без подаване на NH_4HCO_3 .
3. При използването евентуално в промишлени условия на NH_4HCO_3 не съществува ли вероятност да се отдели амоняк, който да създава проблеми?
4. Няма ли възможност, след сгъстяването на „медния отпадък“ и отделянето на значителна част от свободния CaO в пулпа да се флотира пирита без добавяне на NH_4HCO_3 и обтриване само с подаване на солна киселина, за регулиране на рН и отстраняване на калциеви съединения от повърхността на пирита и подобряване флотацията му.

Някои от посочените бележки имат препоръчителен характер за докторанта, които работи в ОФ „Челопеч“ и би могъл да продължи изследователската работа по темата, с оглед да се постигне в бъдеще оптимално технико-икономическо решение, преди да се внедри технологията.

Като взех под внимание научно-изследователските и приложни приноси, отразени в дисертационния труд, неговата актуалност и значимост, предлагам на членовете на почитаемото жури да присъдят на кандидата маг. инж. Станислав Джамяров, образователната и научна степен „Доктор“, която той напълно заслужава.

Заличени лични данни съгласно

Чл. 2 от ЗЗЛД

РЕЦЕНЗЕНТ: проф. д-р инж. Георги Клисуранов