



НАЗИВ ЗАПИСА	ВРСТА : 0.	Ознака:
Захтев за валидацијом и верификацијом техничког решења	МАТ.ДОК.:	0.03/19360 0/10.02

Датум: 2011-10-03

У складу са Правилником о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата истраживача (Сл. Гласник РС 38/2008), обраћамо се Научном већу Института за рударство и металургију са молбом да покрене поступак за валидацију и верификацију техничког решења под називом :

Нова производна линија флексибилног постројења за производњу соли и чистих хемикалија

Аутора:

Бранка Пешовски, дипл. инж. тех.
 Др Владимир Цветковски, дипл. инж. мет.
 Данијела Симоновић, дипл. инж. тех.
 Мр Зденка Станојевић Шимшић, дипл. инж. мет.
 Смиљана Јаковљевић, дипл. инж. мет.
 Љиљана Младеновић, дипл. инж. мет.
 Весна Џонић, дипл. инж. мет.

Техничко и развојно решење—нова производна линија(М 82) је резултат експерименталног рада у оквиру пројекта ТР 34004, а под називом: „Развој еколошких и енергетски ефикаснијих технологија за производњу обојених и племенитих метала комбинацијом биолужења, солвентне екстракције и електролитичке рафинације“, рађеног за МНТРС за 2011. годину, а које би се примењивало у производном погону фирме „ЕКОГАЛ“ у Бору.

За рецензенте предлажемо:

1. Др Снежана Милић, доцент, Технички факултет Бор
2. Др Јасмина Стевановић, научни саветник, ИХТМ Београд

Сагласан руководилац пројекта ТР 34004

Др Владимир Цветковски, дипл. инж. мет.

Подносилац захтева

Бранка Пешовски, дипл. инж. тех.



**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР
НАУЧНО ВЕЋЕ
Број: IV/8.5.
Од 06.12.2011. године**

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.38/2008), Научно веће је на IV-ој седници одржаној дана 06.12.2011. године донело:

**ОДЛУКУ
о покретању поступка за валидацијом и верификацијом
техничког решења и именовању рецензената**

I

На захтев Бранке Пешовске, дипл.инж.техн. Института за рударство и металургију у Бору, Научно веће је покренуло поступак за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „*Нова производна линија флексибилног постројења за производњу соли и чистих хемикалија*“ и донело Одлуку о именовању следећих рецензената за давање мишљења о наведеном техничком решењу:

1. др Снежана Милић, доцент, Технички факултет Бор
2. др Јасмина Стевановић, научни саветник, ИХТМ Београд





НАЗИВ ЗАПИСА „Техничка и развојна решења“	ВРСТА : 0. МАТ.ДОК.:	Ознака: Датум: 2011-10-10
---	-------------------------	------------------------------

Група М80: „Техничка и развојна решења“

Категорија: „нова производна линија“

Резултат: М82

1. Назив и евидентиони број пројекта са бројем активности, у коме је остварен резултат из категорије М82:

Нова производна линија је резултат експерименталног рада у области неорганскo-хемијских препарата и хемикалија у ИРМ-у Бор, а у оквиру пројекта бр. ТР 34004, под називом: „Развој еколошких и енергетски ефикаснијих технологија за производњу обојених и племенитих метала комбинацијом биолужења, солвентне екстракције и електролитичке рафинације“, рађеном за МНТРС за 2011. годину, а које би се примењивало у производном погону фирме „ЕКОГАЛ“ у Бору.

2. Руководилац пројекта:

Др Владимир Цветковски, дипл. инж. мет.

3. Организација кординатор:

Институт за рударство и металургију Бор

4. Организације учесници:

Институт за рударство и металургију Бор
Технички факултет Бор

5. Корисник:

Фирма „ЕКОГАЛ“ Бор

6. Назив техничког решења:

„Нова производна линија за производњу соли и чистих хемикалија“

7. Установа / Аутори решења:

Институт за рударство и металургију у Бору,

Аутори:

Бранка Пешовски, дипл. инж. тех.

Др Владимир Цветковски, дипл. инж. мет.

Данијела Симоновић, дипл. инж. тех.

Мр Зденка Станојевић Шимшић, дипл. инж. мет.

Смиљана Јаковљевић, дипл. инж. мет.

Љиљана Младеновић, дипл. инж. мет.

Весна Цонић, дипл. инж. мет.

e-mail: branka.pesovski@irmbor.co.rs

**8. Област на коју се техничко решење односи:**

МАТЕРИЈАЛИ И ХЕМИЈСКЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

9. Проблем који се техничким решењем решава:

У Институту за рударство и металургију у Бору освојене су технологије производње великог броја соли и других хемијских производа на бази бакра, калаја и других метала које се користе за различите намене и које је могуће пласирати како на домаћем, тако и на иностранском тржишту [3,4,5,6].

Из тих разлога урађен је идејни технолошки пројекат флексибилне производне линије за производњу укупно 3000 kg годишње сваке од предложених соли бакра. Обзиром да технолошки процес производње предложених соли захтева коришћење истоветне опреме, а узимајући у обзир експерименталним путем претходно освојене технологије, дошло се до закључка да се производња свих соли може одвијати на једној флексибилној производној линији. Овим техничким решењем дати су појединачни технолошки поступци за сваку од доле наведених соли бакра и предложена нова флексибилна производна линија за њихову производњу.

Нова технолошка линија обухвата производњу следећих соли:

1. Бакар сулфат, п.а.
2. Бакар (II) хлорид, техн./п.а.
3. Базни бакар карбонат, техн./п.а.
4. Бакар нитрат, техн./п.а.

10. Станje решености тог проблема у свету:

Идејном технолошком пројекту и предложеној технолошкој линији за производњу соли бакра претходила су детаљна експериментална истраживања. У лабораторијским условима су испитани и проверени сви до сада у свету познати и коришћени хемијски поступци за добијање поменутих соли метала [1,2,5,6,7].

У поглављу: опис технолошког поступка производње, који укључује и опис експерименталних истраживања, укратко је описана свака од предложених технологија. Избор оптималне технологије је зависио од више фактора. Узета је у обзир пре свега технолошка оправданост изабраног поступка и испитани сви неопходни параметри хемијских реакција [8,10]. Урађен је биланс коришћених сировина и материјала као и обрачун утрошене енергије.

Изабрани технолошки поступак такође укључује најнижу цену производње као и еколошки аспект изражен кроз биланс отпадних вода и гасова из процеса производње и предлог за њихово пречишћавање дат кроз техничке захтеве и подлоге за пројектовање постројења за пречишћавање отпадних вода и гасова. Треба нагласити да су сви поменути биланси рађени за захтевани годишњи капацитет за сваку појединачну со од 3000 kg, па је сходно томе формирана нова флексибилна технолошка линија са опремом која у потпуности задовољава тражени капацитет производње и у енергетском погледу обезбеђује најнижу тржишну цену по јединици производа.

**11. Како су резултати верификовани (од стране ког тела):**

Научно веће Института за рударство и металургију, а на основу поднете документације аутора и писаног мишљења два рецензента-експерта из области техничког решења.

12. Објашњење суштине техничког решења и детаљан опис са карактеристикама (фотографије, илустрације, технички цртежи):

Ради лакше упоредне анализе, објашњење суштине техничког решења – нове технолошке линије, пропраћено је у даљем тексту кроз појединачни посебни приказ сваке од предложених соли бакра.

1. БАКАР СУЛФАТ, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ **1.1. ОПИС ТЕХНОЛОШКОГ ПОСТУПКА ПРОИЗВОДЊЕ
БАКАР СУЛФАТА п.а. КВАЛИТЕТА**

Бакар сулфат п.а. квалитета добија се из бакар сулфата техничког квалитета прекристализацијом [2].

Прва фаза процеса је растварање соли техничког квалитета у дестилованој води тако да се добије скоро засићен раствор бакар сулфата на температури од 80°C (на 70°C) засићен раствор садржи 95 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ на 100 g воде). Није препоручљиво припремити баш засићен раствор, јер при филтрирању долази до захлађења раствора а тиме и до кристализације CuSO_4 у чије се кристале уградију и механички присутне нечистоће.

Друга фаза процеса је филтрирање врелог концетрованог раствора бакар сулфата, кроз густо филтер-платно, како би се одвојиле механички присутне нечистоће.

Трећа фаза процеса је кристализација раствора. Хлађењем врелог засићеног раствора бакар сулфата добијају се кристали $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ са знатно мањим садржајем нечистоћа присутних у бакар сулфату техничког квалитета. Садржај примеса у бакар сулфату техничког квалитета је релативно низак у односу на садржај CuSO_4 , тако да оне не могу да засите раствор ни на температури кристализације, па при хлађењу раствора и кристализацији бакар сулфата исте остају у раствору.

Концентровани раствор бакар сулфата хлади се до собне температуре (22°C), уз стално мешање мешалицом (100-150 о/мин). Треба обезбедити услове доброг мешања, што утиче на формирање ситнијих и чистијих кристала $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Ови кристали задржавају малу количину матичног раствора који садржи растворене примесе.

Искристалисана со садржи на површини кристала матични раствор, а овај пак примесе, тако да приликом сушења ове примесе остају на кристалима. Зато је потребно вршити испирање ових кристала засићеним раствором чистих кристала бакар сулфата добијених у претходној шаржи.



Када се постигне собна температура смеше кристала и матичног раствора, мешалица се исклуњчи и смеша остави један сат да стоји како би искристалисала још извесна количина бакар сулфата.

Након једног сата смеша се филтрира најбоље на центрифуги. Добро оцјењени кристали испирају се засићеним раствором већ пречишћеног бакар сулфата (20 g CuSO₄·5H₂O у 100 ml воде). Раствор од испирања кристала прикључује се матичном раствору. На овај начин се још неколико пута повећава степен пречишћавања прекристалисане соли бакар сулфата.

Матични раствори од издвајања I кристала соли бакар сулфата могу се спојити и даље, упарати. Када се овакав раствор упари на око 56% од почетне запремине (све док не почну да се хватају кристали бакар сулфата по површини), врши се његово филтрирање и поновна кристализација чиме се добија још извесна количина бакар сулфата п.а. квалитета (II кристали). Добијени II кристали CuSO₄·5H₂O, након цеђења такође се испирају раствором пречишћеног бакар сулфата.

Матични раствор од одвајања II кристала бакар сулфата још увек садржи дosta бакар сулфата, међутим садржај нечистота је знатно повећан. Овај раствор се сакупља и прикључује отпадном раствору Електролизе из кога се производи бакар сулфат техничког квалитета.

1.2. Опште карактеристике и примена бакар сулфата п.а. квалитета

Хемијски чист бакар сулфат (CuSO₄·5H₂O) квалитета п.а. добија се прекристализацијом техничког бакар сулфата [1,2]. .

Разликују се три квалитета бакар сулфата, који су дефинисани према проценту садржаја нечистота:

- бакар сулфат, pro analysi (p.a.), хемијски чист;
- бакар сулфат, purissimum (pss), врло чист;
- бакар сулфат, purum (pm), чист.

За сва три квалитета бакар сулфата стандард прописује физичко-хемијске карактеристике приказане у табели:

Табела 1. Квалитет и карактеристике бакар сулфата, CuSO₄·5H₂O

KARAKTERISTIKE	KVALITET		
	pro analysi	purissimum	purum
Spoljni izgled	plavi sitni kristal		plavi kristali ili prah
Sadržaj bakar sulfata CuSO ₄ ·5H ₂ O, najmanje	99,0%	98,0%	97,5%
Sadržaj materijala nerastvornih u vodi, najviše	0,005%	0,01%	0,05%
Sadržaj hlorida (Cl), najviše	0,005%	0,001%	0,01%
Sadržaj ukupnog azota (N), najviše	0,004%	ne propisuje se	ne propisuje se
Sadržaj nikla (Ni), najviše	0,002%	ne propisuje se	ne propisuje se
Sadržaj гвоžђа (Fe), najviše	0,005%	0,01%	0,05%
Sadržaj netaloživog sa H ₂ S, najviše	0,1%	0,3%	0,5%



1.3. ПРОРАЧУН КАПАЦИТЕТА ПРОИЗВОДНЕ ЛИНИЈЕ БАКАР СУЛФАТА п.а. КВАЛИТЕТА

Капацитет производне линије бакар сулфата п.а. квалитета одређен је годишњом производњом соли од 3000 kg.

Основни подаци за прорачун капацитета линије су:

Захтевана годишња производња	3000 kg/год.
Укупни годишњи утрошак тех. CuSO ₄ ·5H ₂ O	4950 kg/год.
Техничко-технолошко искоришћење Cu	100%
Процент кристализације	80%
Фонд радних дана (годишње)	150
Укупно време произв. једне шарже	24 ^h
Број шаржи (годишње)	150

Комплетна производна линија обухвата: два дигестора затвореног типа за смештај реактора и упаривача, посебно је потребан дигестор за смештај кристализационих посуда; 2 реактора од по 50 l укупне запремине; један вакум упаривач; вакум филтер са хаубом; 4 посуде за кристализацију од по 20 l укупне запремине; једна центрифугална пумпа; центрифуга; ротациона сушница; лавабо; лабораторијски радни сто; прецизна техничка вага; сто за вагу и лабораторијски орман са полицијама.

1.4. ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ И ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРОИЗВОДЊУ БАКАР СУЛФАТА п.а. КВАЛИТЕТА

У претходном поглављу речено је шта све обухвата комплетна производна линија бакар слуфата (п.а.). Како једна шаржа (за 24^h рада) обухвата производњу 20 kg I кристала CuSO₄·5H₂O (п.а.), а како се исто толико и калај (II) хлорида произведе по једној шаржи са спличном опремом, то се у производњи CuSO₄·5H₂O (п.а.) може рачунати на исте техничке захтеве и подлоге за пројектовање овог постројења. Потребно је извршити корекцију за радну запремину уређаја и апарату у производној линији, затим радну температуру у реактору и упаривачу и за ефективно радно време за сваки уређај посебно. Треба рећи да све ове корекције не одступају од предвиђених капацитета опреме. И овде су предвиђена 3 вакум дигестора у технолошкој линији, од којих први служи уједно и као носач за два предвиђена реактора, други је такође носач за један вакум упаривач, а у трећем су смештене 4 посуде за кристализацију. Димензије и све техничке карактеристике ових дигестора потпуно одговарају истима на технолошкој линији за производњу калајних соли.

Треба напоменути да је у технолошкој линији за производњу бакар сулфата за сушење истог предвиђена хоризонтална ротациона сушница уместо вакум сушнице у линији за производњу калајних соли.

За транспорт филтера из вакум филтера до посуда за кристализацију предвиђена је једна центрифугална пумпа снаге 4 kW. Технолошка линија такође обухвата један лабораторијски радни сто, прецизну техничку вагу и сто за вагу, један лавабо и лабораторијски орман са полицијама.



У процесу производње $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ п.а. квалитета користе се следећи материјали и сировине: бакар сулфат техничког квалитета из погона Регенерације електролита и произведени бакар сулфат п.а. квалитета.

Прорачун сировина и материјала рађен је за једну шаржу од 20 kg првих кристала $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ п.а. квалитета:

1.5. МАТЕРИЈАЛНИ БИЛАНС СИРОВИНА У ПРОЦЕСУ ПРОИЗВОДЊЕ БАКАР СУЛФАТА п.а. КВАЛИТЕТА

Материјални биланс сировина потребних за производњу бакар сулфата п.а. квалитета урађен је на бази укупних годишњих потреба за овом соли бакра и то као финалног производа и као полазне сировине за производњу других соли бакра.

Полазни подаци су:

Производни капацитет	3000 kg/год.
Укупан годишњи утрошак	4950 kg/год.
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (технички)	
Техничко - технолошко искоришћење	100%
Процент кристализације	80%
Број шаржи (годишње)	150
Укупно време произв. једне шарже	24 ^h

У процесу производње $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ п.а. квалитета користе се следећи материјали и сировине: бакар сулфат техничког квалитета из погона Регенерације електролита и произведени бакар сулфат п.а. квалитета.

Прорачун сировина и материјала рађен је за једну шаржу од 20 kg првих кристала $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ п.а. квалитета:

Састав отпадног раствора би према томе био следећи:

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	6,6 kg (Cu 1,68 kg)
H_2O	52 kg
Укупно:	58,6 kg

Садржај II кристала $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ п.а. је:

Cu	1,63 kg
SO_4	2,46 kg
H_2O (кристална)	2,31 kg
Укупно:	6,4 kg

a) У отпадним гасовима:

Као отпадни гас јавља се само водена пара и то: при растворавању бакар сулфата техничког квалитета, при кристализацији бакар сулфата п.а. квалитета и при упаравању матичног раствора од издвајања I кристала бакар сулфата.

У процесу производње једне шарже бакар сулфата п.а. издвоји се укупно 18,3 kg водене паре.

**Провера биланса:**

$$\text{УЛАЗ} = \text{ИЗЛАЗ}$$

$$103,14 = 19,99 + 58,6 + 6,4 + 18,3 = 103,29$$

Биланс бакра:

$$\text{УЛАЗ} = \text{ИЗЛАЗ}$$

$$8,4 = 5,09 + 1,68 + 1,63 = 8,4$$

Обзиром да се сав матични раствор након издавања I и II кристала $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ п.а. враћа у погон Регенерације техничког бакар сулфата, то се може сматрати да је искоришћење на бакру 100%.

Табела 2. Норматив сировина и материјала за производњу $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (п.а.)

Сировина	Јед. мере	Јед. мере/kg бакар сулфата
Бакар сулфат (тех.)	kg	1,65
Бакар сулфат (п.а.)	kg	0,04
Дестилована вода	l	3,46
Електро енергија	kWh	5,25

1.5.1. Биланс отпадних вода у процесу производње $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (п.а.)

У процесу производње $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (п.а.) отпадну воду представља матични раствор након издавања II кристала бакар сулфата. При преради једне шарже од 20 kg I кристала бакар сулфата на крају процеса издаваје се још око 6,5 kg II кристала при чему се након филтрирања издвоји 24 l отпадног раствора. Садржај бакар сулфата у овом раствору је 6,6 kg укупно по шаржи, што значи да у отпадном електролиту остане још 1,68 kg Cu/шаржи. Односно при производњи 1 kg $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (п.а.) произведе се још 0,325 kg II кристала бакар сулфата (п.а.) и настане 1,2 l отпадне воде са укупним садржајем бакар сулфата од 0,33 kg tj. 0,084 kg Cu/kg бакар сулфата (0,07 kg Cu/l отпадног раствора).

Овај концентровани раствор садржи и све нечистоће које су иначе присутне у бакар сулфату техничког квалитета. Због ових чињеница, а и због велике количине овог отпадног раствора, потребно га је сакупити и употребити на регенерацију бакар сулфата техничког квалитета.

1.5.2. Биланс отпадних гасова у процесу производње бакар сулфата п.а.

У процесу производње $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (п.а.) као отпадни гас издаваје се само водена пара и то при растворавању бакар сулфата техничког квалитета, при кристализацији бакар сулфата п.а. квалитета и при упаравању матичног раствора од издавања I кристала бакар сулфата. У току производње једне шарже бакар сулфата издвоји се око 18 kg водене паре.

$$G \text{ вод. паре} = 18 \text{ kg/шаржи}$$

$$V \text{ вод. паре} = 22,7 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$



1.6. ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ И ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА ИЗ ПРОИЗВОДЊЕ БАКАР СУЛФАТА (п.а.) КВАЛИТЕТА

Обзиром да се у процесу производње $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ п.а. квалитета матични луг након издаваја II кристала прикључује отпадном електролиту погона Регенерације техничког бакар сулфата, то отпадних вода практично нема. Присутне су само воде од прања уређаја и апарата (око 30 l по шаржи). Ове воде су благо киселе па се као такве могу употребити на сабирни вод за воде киселог карактера а затим у резервоар за неутрализацију киселих отпадних вода.

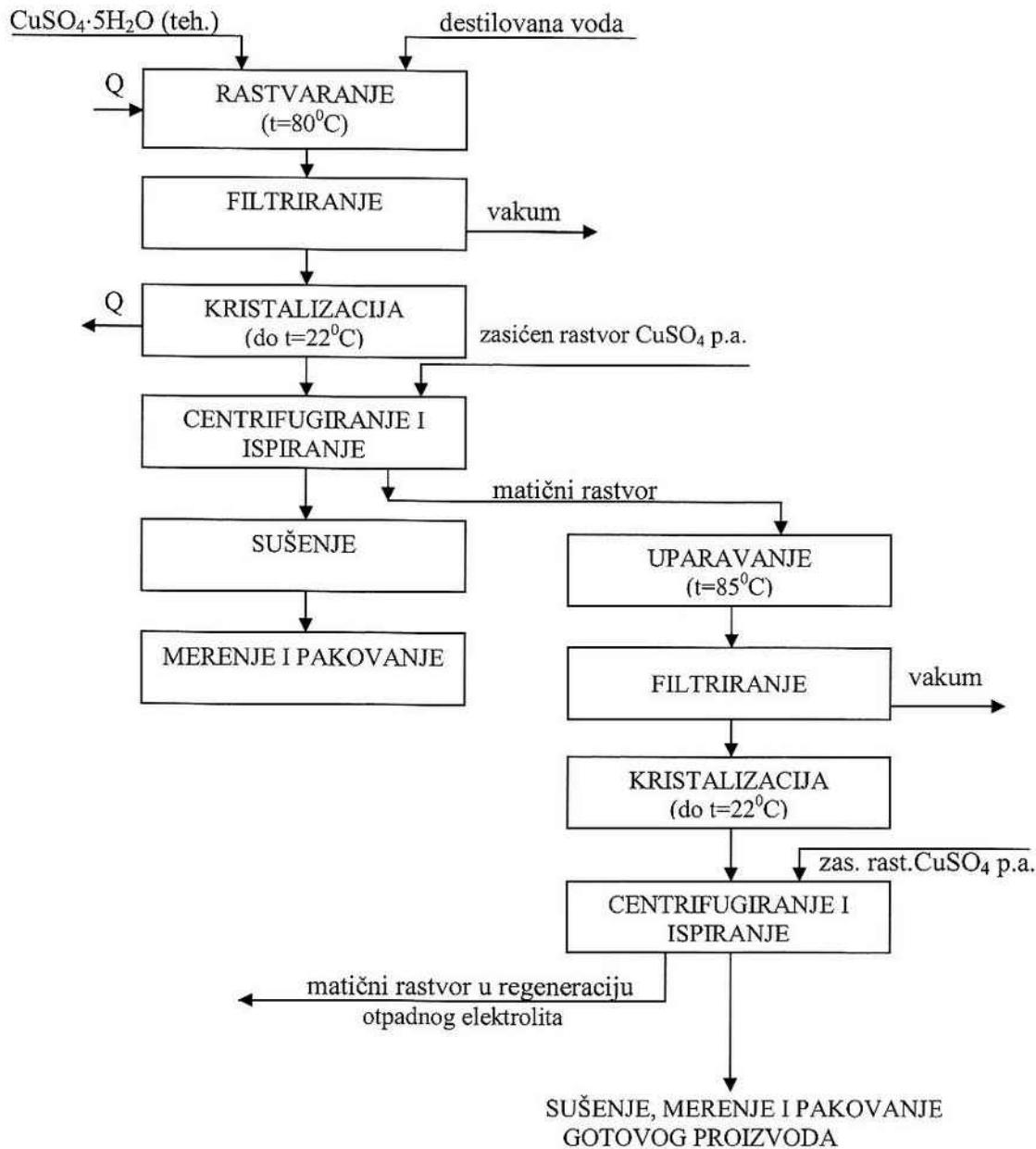
1.7. ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ И ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ГАСОВОДА ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРОИЗВОДЊУ БАКАР СУЛФАТА (п.а.) КВАЛИТЕТА

При производњи бакар сулфата п.а. као отпадни гас издаваја се само водена пара у количини од:

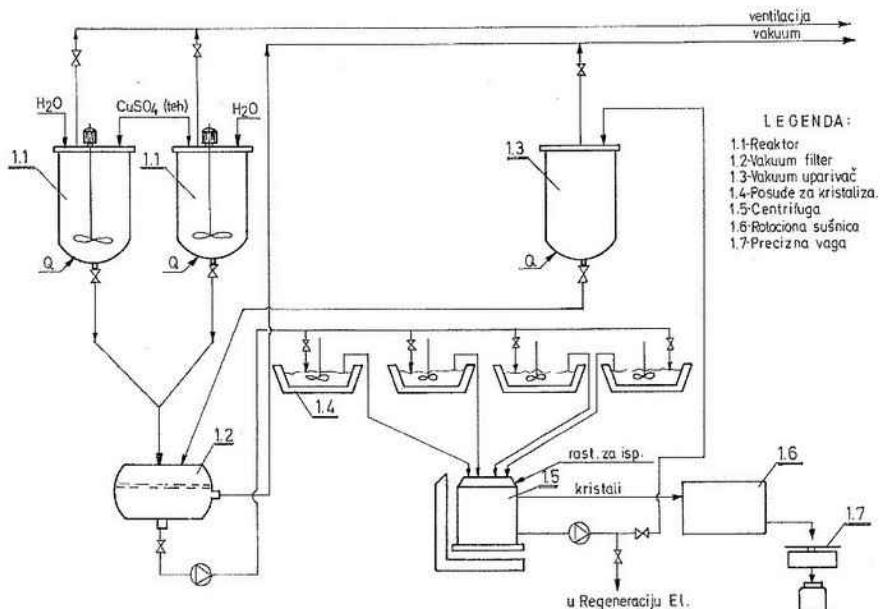
$$G = 18 \text{ kg/шаржи}$$

$$V = 22,7 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$

Обзиром да водену пару није потребно третирати као друге отпадне гасове, она се може емитовати у атмосферу и то у трајању од првих 18 часова непрекидно. Рад дигестора је дисконтинуалан, па је потребно предвидети могућност њиховог искључења са сабирног гасовода.



Сл.1. Шематски приказ технолошких операција процеса производње
бакар сулфата п.а. квалитета



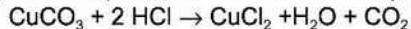
Сл.2. Шематски приказ технолошке линије процеса производње бакар супфата п.а. квалитета

2. БАКАР (II) ХЛОРИД, CuCl₂·2H₂O

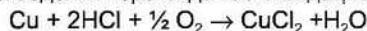
2.1. ОПИС ТЕХНОЛОШКОГ ПОСТУПКА ПРОИЗВОДЊЕ БАКАР (II) ХЛОРИДА п.а. КВАЛИТЕТА

Бакар (II) хлорид, CuCl₂·2H₂O је со двовалентног бакра. Кристалише се са два молекула воде у облику зелених нехигроскопних кристала. Купри хлорид се може добити на више начина [1,2]:

1. дејством хлороводоничне киселине на куприкарбонат:



2. растворавањем бакра у хлороводоничној киселини у присуству ваздуха, кисеоника или водоник пероксида као оксидационог средства:



3. растворавањем бакра у царској води:



Бакар (II) хлорид добијен је по трећој методи а сам технолошки поступак је следећи:



Прва фаза је процес растворавања катодног бакра у царској води. Ово се одвија у реактору затвореног типа. Након растворавања следи филтрирање раствора купри хлорида на вакум филтру. Талог нераствореног бакра враћа се у реактор на поновно растворавање са следећом шаржом катодног бакра. Филтрат се упарава у вакум-упаривачу до 1/3 запремине после чега се врши његова кристализација у кристализационим посудама.

Након кристализације и хлађења, добијени I кристали бакар (II) хлорида одвајају се на центрифуги. Матични пуг од издвајања I кристала бакар (II) хлорида враћа се на упаравање са новом количином свежег раствора бакар (II) хлорида или се врши његово упаравање и кристализација посебно, у циљу добијања II кристала. Влажни кристали купри хлорида поново се у реактору растворе са дестилованом водом (однос $ч : т = 1 : 1.5$) и упаравају у вакум упаривачу до почетка кристализације, затим се раствор испусти у кристализационе посуде.

Добијени кристали $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ се одвајају на центрифуги и испирају етил алкохолом, а затим суше у вакум сушницама. Сушенje бакар (II) хлорида у почетку се одвија на $30^{\circ}C$, све док зелена боја кристала не пређе у зелено-сиву, а затим на $50^{\circ}C$ све док кристали не престану да се лепе за зид суда у коме се суше.

У циљу добијања производа п.а. квалитета потребно је вршити прекристализацију нарочито других кристала $CuCl_2 \cdot 2H_2O$. Ови кристали (влажни) сакупљају се у резервоару за влажне кристале и након 10 шаржи врши се њихова прекристализација у резервоарима за растворавање. Технолошки процес прекристализације прати редослед технолошких операција приказан на приложеним шемама.

2.2. ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ПРИМЕНА БАКАР (II) ХЛОРИДА

Бакар (II) хлорид, $CuCl_2 \cdot 2H_2O$, кристалише са два молекула воде у виду зелених нехигроскопних кристала. Раствара се у води (на 100 g воде раствара се 110,4 g $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ на $0^{\circ}C$, на $100^{\circ}C$ 100 g воде раствори 192,4 g $CuCl_2 \cdot 2H_2O$). Добија се деловањем хлороводоничне киселине на куприкарбонат, или деловањем царске воде на бакар. На $100^{\circ}C$ губи кристалну воду. Употребљава се у нафтој индустрији, у металургији, у органској синтези, у производњи инсектицида, у инпрегнацији дрвета, пиротехнички, а у неким случајевима као катализатор [5,6].

2.3. ПРОРАЧУН КАПАЦИТЕТА ПРОИЗВОДНЕ ЛИНИЈЕ БАКАР (II) ХЛОРИДА

Прорачун капацитета производне линије бакар (II) хлорида вршен је у односу на захтевани годишњи капацитет од 3000 kg годишње првих кристала ове соли.

Основни подаци за прорачун капацитета линије су:

Производни капацитет $CuCl_2 \cdot 2H_2O$	3000 kg/год.
Производни капацитет шарже	34 kg
Потребна количина Си по јед. произв.	0,41 kg
Процент кристализације $CuCl_2 \cdot 2H_2O$	90%
Потрошња 36% HCl п.а. по јед. произв.	1,15 l
Потрошња 65% HNO_3 п.а. по јед. произв.	0,35 l
Укупно време производње једне шарже	24 h
Фонд радних дана (годишњи)	88
Број шаржи (годишњи)	88



Производна линија обухвата: један дигестор затвореног типа за смештај реактора, један вакум дигестор за смештај упаривача; посебан дигестор за смештај посуда за кристализацију; два затворена реактора са мешалицом при чemu сваки од њих има укупну запремину од 50 l; два вакум упаривача од по 50 l; вакум филтер са хаубом; три посуде за кристализацију од по 20 l укупне запремине; две центрифугалне пумпе за транспорт раствора CuCl₂; центрифугу; вакум сушицу; прецизну техничку вагу; један резервоар затвореног типа за смештај мат. луга l; један резервоар за смештај сувих кристала; лабораторијски радни сто; лавабо; лабораторијски орман са полицама за смештај посуђа.

2.4. ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ И ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРОИЗВОДЊУ БАКАР (II) ХЛОРИДА

Реактори

Технолошка линија за производњу CuCl₂·2H₂O садржи два реактора затвореног типа са вентилационим одводом везаним на сабирни гасовод за гасове кисelog карактера. Реактори спадају у стандардну опрему, израђени су од ватросталног стакла, снабдевени су са два грејача који су уједно и носачи реактора а смештени су у једном дигестору.

Начин рада реактора је дисконтинуалан.

Укупна запремина реактора	50 l
Радна запремина реактора	45 l
Број реактора у линији	2
Ефективно време рада једне шарже	4 h
Укупан број шаржи	88/год.

Опрема реактора:

- електро прикључак за грејно тело (2 x 2 kW) и термостатско одржавање температуре;
- вакум дигестор који је уједно и платформа за грејаче, прикључен је на главни гасовод за киселе паре;
- отвор на врху реактора за одвод киселих гасова;
- испуст на дну реактора а проток регулише тефлонизирани вентил;
- отвор за шаржирање катодног бакра;
- прикључак за довод киселине (HCl и HNO₃);
- фиксирана тефлонска мешалица, снага мотора 2 kW

Вакум упаривачи

Технолошка линија садржи два стандардна вакум упаривача израђена од ватросталног стакла. При раду упаривача ослобађају се азотно кисели гасови и водена пара. Начин рада упаривача је дисконтинуалан.

Укупна запремина упаривача	50 l
Радна запремина	45 l
Број упаривача	2 комада
Радна температура	80°C
Ефективно радно време	8-10 h

**Опрема упаривача:**

- електрични грејачи (2 комада) који су уједно и носачи реактора (2x2 kW);
- дигестор који је и плаформа за грејаче, прикључен је на главни гасовод за киселе паре;
- прикључак за довод раствора бакар (II) хлорида;
- прикључак за вакум;
- прикључак са тефлонизираним вентилом за одвод пулпе (мешавина кристала и мат. раствора) на филтрирање;
- прикључак за мерење температуре и притиска.

Вакум филтер

Затвореног је типа, израђен од полипропиленске пластике. Медијум за филтрирање је јако кисео pH<1. Начин рада филтера је дисконтинуалан.

Пречник филтер плоче	0,8 m
Површина филтер плоче	0,5 m ²
Укупна запремина изнад филтер плоче	100 l
Запремина суспензије при пуњењу око	90 l

Опрема филтера:

- прикључак на централни вакум;
- прикључак за пражњење погаче након филтрирања;
- прикључак за испуст филтратра и сабирна посуда за филтрат;
- покретна вакум хауба изнад вакум филтера са прикључком на сабирни гасовод за киселе паре;

Посуде за кристализацију

Посуде су отвореног типа, израђене од ватросталног стакла са дуплим плаштом, опремљени су мешалицом. Кроз плашт струји хладна пијаћа вода за хлађење.

Начин рада је дисконтинуалан.

Укупна запремина једне посуде	20 l
радна запремина	15 l
Медијум јако кисео	pH<1
Температура улазне суспензије	max 80°C
Ефективно радио време једна шарже	7 h
Број кристализационих посуда	3 комада

Опрема кристализационих посуда:

- прикључак за довод пијаће воде у плашт посуде (30 l/мин);
- прикључак за излаз воде;
- мешалица са варијатором, снага мотора 1 kW;
- посуде су смештене у вакум дигестору са прикључком на сабирни гасовод за гасове киселог карактера.

Дигестор

Затвореног је типа. Служе као платформа за грејна тела. Потребна су два комада (за процес растворавања бакра и за процес упаравања раствора бакар хлорида).

Димензије дигестора: 3,2 x 1,2 x 2 m

Опрема дигестора:

- електро прикључак (2 x 4 kW);



- прикључак на сабирни гасовод за гасове киселог карактера;
- прикључак пијаће воде;
- прикључак на канализацију.

За смештај посуда за кристализацију потребан је засебан дигестор димензија:

2,5 x 1,2 x 2 m

Дигестор је стандардног типа опремљен:

- прикључком за струју снаге 4 kW;
- прикључком за пијаћу воду;
- прикључком на канализацију;
- радна површина му је од керамичких плочица.

Вакум хауба

Смештена је изнад вакум филтера, покретног је типа и служи за рад са јако киселим хлоридним растворима.

Димензије хаубе	1,2 x 1,2 m
Растојање од пода	1,8 m

Центрифугална пумпа

Служи за транспорт филтрата из вакум филтера до упаривача и филтрата од центифуге до упаривача.

Снага пумпе је	4 kW
Поседује прикључак на вакум;	
Комада:	2

Центрифуга

Киселоотпорна центрифуга; комада:	1
Капацитет је	25 kg
Запремина бубња	15 l
Снага:	4 kW

Вакум сушница

Стандардна вакум сушница са прикључком на централни вакум систем;
Запремина сушнице 50 l
Снага грејача: 2,5 kW
Комада: 2
Лоциране су на радном столу.

Прецизна техничка вага

Капацитет ваге:	10 kg ± 0,1 g
Прикључак на	220 V

Сто за вагу

Радни сто са механичком плочом
Димензије: 1 x 0,7 m

Лабораторијски радни сто

Димензије: 1,8 x 1 m
QF-957.13 Заглавље неформализованих записа Издање обр:1
Матични документ QP-959.03 Издање:1; Прилог:1

Стр 14 од 40



Радна плоча: киселоотпорна керамика

Прикључак на струју

Комада:

2

Лабораторијски орман са полицама

Димензије:

1,8 x 0,6 x 2 м

Резервоар затвореног типаСлужи за складирање матичног луга I након издавања I кристла $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Материјал израде: ПВЦ – пластика

Укупна запремина резервоара: 100 l

Резервоар колицаСлужи за одлагање сувих кристала $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Изведен је као колица.**Лавабо за пијаћу воду**

Са одводом на канализацију

Лавабо за прање радних посуда

Dimenziје: 1,6 x 0,8 m

Материјал: пластика

Довод само дестиловане воде

Одвод се прикључује на отпадне киселе воде Cu

Поседује славину и ручни туш.

Сливник

Везан за киселе отпадне воде Cu.

**2.5. МАТЕРИЈАЛНИ БИЛАНС СИРОВИНА У ПРОЦЕСУ ПРОИЗВОДЊЕ
БАКАР (II) ХЛОРИДА, $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$**

Укупна годишња потреба ове соли је 3000 kg, па је прорачун материјалног биланса вршен у односу на ову количину готовог производа.

Полазни подаци су:

Производни капацитет $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	3000 kg/год
Производни капацитет шарже $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	34 kg
Укупан годишњи утрошак Cu	1232 kg
Потребна количина Cu по јед. произв.	0,41 kg
Квалитет катодног бакра	99%
Процент бакра у готовом производу	37,09%
Процент кристализације $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	90%
Укупна годишња потрошња 36% HCl п.а.	3432 l
Потрошња 36% HCl по јединици производа	1,15 l
Укупна годишња потрошња 65% HNO_3 п.а.	1040 l
Потрошња 65% HNO_3 по јединици производа	0,35 l
Укупно време производње једне шарже	24 h
Укупан број шаржи	88
Фонд радних дана (годишњи)	88



У процесу производње бакар (II) хлорида дихидрата користе се следеће сировине и материјали: катодни бакар; хлороводонична киселина 36% п.а. квалитета; азотна киселина 65% п.а. квалитета; дестилована вода; електроенергија. Квалитет полазних сировина је pro analysy па накнадна прекристализација добијених првих кристала $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ у ципљу добијања соли п.а. квалитета није потребна.

У случају да се користе сировине техничког квалитета било би потребно извршити прекрисатлизацију узимајући у обзир податак о растворљивости соли у топлој, односно хладној води дат у табличама технолошких приручника.

Прорачун сировина и материјала вршен је за шаржу од 34 kg $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ првих кристала.

Електроенергија по шаржи $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

за растварање бакра	8 kW · 4 h = 32 kWh
за упирање мат. луга	4 kW · 8 h = 32 kWh
за филтрирање	4 kW · 1 h = 4 kWh
за центрифугирање	4 kW · 1 h = 4 kWh
за кристализацију (рад мешалица)	3 kW · 7 h = 21 kWh
за рад пумпе	8 kW · 1 h = 8 kWh
за сушење готовог производа	2,5kW · 2 h = 5 kWh
Укупно:	106 kWh

$$106 \cdot 88 = 9328 \text{ kWh/годишње}$$

$$106 \cdot 30 = 3180 \text{ kWh/месечно}$$

$$106 : 34 = 3,11 \text{ kWh/1 kg CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

Биланс материјала по шаржи:

УЛАЗ:

Cu	14 kg
HCl 36% (п.а.)	39 · 1,1789 = 45,98 kg
HNO ₃ 65% (п.а.)	11,8 · 1,3913 = 16,42 kg
H ₂ O дестил.	48 kg
Укупно:	124,4 kg

ИЗЛАЗ:

a) у готовом производу:

Cu	34 · 0,3709 = 12,61 kg
Cl	14,16 kg
H ₂ O (кристална)	7,18 kg
Укупно:	33,95 kg CuCl₂ · 2H₂O

b) у отпадним водама:

Cu	14 – 12,61 = 1,39 kg
HCl (слободан)	2 kg
H ₂ O	29,1 kg
Укупно:	32,5 kg



ц) у отпадним гасовима:

У току производње $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ као отпадни гасови јављају се азотови оксиди и водена паре и то NO у процесу растворавања бакра а водена паре готово у свим фазама производње, највише при упаравању раствора CuCl_2 .

NO	5,08 kg (7,79 kg NO ₂)
водена паре	52,53 kg
Укупно:	57,61 kg

Провера биланса:

$$\text{УЛАЗ} = \text{ИЗЛАЗ} \\ 124,4 = 33,95 + 32,5 + 57,61 = 124,06$$

Биланс бакра:

Од 14 kg катодног бакра колико се шаржира у процесу растворавања, на крају производног процеса у отпадне воде одлази око 9,9% бакра. Овако вредност је и разумљива обзиром да је проценат кристализације код продукције првих кристала 90%. У циљу већег искоришћења бакра потребно је извршити другу кристализацију, а затим прекристализацију добијених кристала ради добијања бакар (II) хлорида п.а. квалитета. На крају овог процеса у отпадним водама заостаје још 29,7 g Cu/шаржи па је укупно искоришћење бакра: $100 - \frac{0,0297}{14} \cdot 100 = 99,8\%$

Табела 3. Норматив сировина и материјала за производњу бакар (II) хлорида

Сировина	јед. мере	јед. мере/kg $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Катодни бакар	kg	0,41
Хлороводонична киселина (36%)	l	1,15
Азотна киселина (65%)	l	0,35
Дестилована вода	l	1,4
Етил-алкohол	l	0,1
Електро енергија	kWh	3,11

Полазни норматив сировина и електроенергије односи се на I кристале бакар (II) хлорида. Накнадним упаравањем (другостепена кристализација) производи се још 3,65 kg $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ по шаржи, односно 107,3 g II кристала $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ по 1 kg произведених I кристала ове соли.

2.5.1. Биланс отпадних вода у процесу производње бакар (II) хлорида

У процесу производње бакар (II) хлорида отпадне воде потичу од матичног луга након издавања I кристала $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и испирних вода од прања уређаја и апарате. Укупна количина отпадних вода после издавања I кристала $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ износи 29,1 l. Садржај бакра у њима је 1,39 kg односно 3,73 kg $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ што би по 1 литри отпадне воде било: $1,39 : 29,1 = 47,77 \text{ g Cu/l отп. воде и}$

$$3,73 : 29,1 = 128 \text{ g CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O/l отп. воде}$$



Колична слободне HCl је 2 kg од чега се за формирање II кристала рачунајући на проценат кристализације од 98% троши 1,57 kg HCl (слободне), а у отпадним водама остаје још 0,430 kg слободне HCl. Како је проценат кристализације при добијању II кристала 98% то се при другостепеном упаравању може очекивати још 3,73-0,98= 3,65 kg CuCl₂·2H₂O (II кристали) по шаржи.

Након I кристализације према томе, количина отпадних вода је укупно 29,1 l са садржајем Cu од 1,39 kg односно 47,77 g Cu/l отп. воде и 3,73 kg CuCl₂·2H₂O (II кристали) односно 128 g CuCl₂·2H₂O/l отп. H₂O док слободне HCl има 2 kg/шаржи (68,73 g/l отп. H₂O).

Након II кристализације количина отпадних вода је 13,5 l (3,5 мат. луга II + 10 l испране воде) са садржајем:

$$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}: 3,73 - 3,65 = 0,08 \text{ kg CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

$$0,08 : 13,5 = 5,9 \text{ g CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O/l отп. H}_2\text{O}$$

$$\text{Cu: } 29,7 \text{ g тј. } 29,7 : 13,5 = 2,2 \text{ g Cu/l отпадне H}_2\text{O}$$

$$\text{слободне HCl: } 0,430 \text{ kg HCl (слоб.) } 0,43 : 13,5 = 31,85 \text{ g HCl/l отпадне H}_2\text{O}$$

У циљу пречишћавања отпадних вода после II кристализације потребно је из њих уклонити бакар и неутралисати сву расположиву HCl. Уклањање бакра врши се засићеним раствором Na₂CO₃ или NaOH, а у отпадним водама остаје још:

$$\text{NaCl из расположивог CuCl}_2: 0,055 \text{ kg NaCl/l}$$

$$0,055 : 13,5 = 4 \text{ g NaCl/l отп. H}_2\text{O}$$

$$\text{NaCl из слободне HCl: } 0,689 \text{ kg NaCl/l}$$

$$0,689 : 13,5 = 51,06 \text{ g NaCl/l отп. H}_2\text{O}$$

$$\text{NaCl укупно: } 0,055 + 0,689 = 0,744 \text{ kg NaCl/шаржи тј.}$$

$$4 + 51,06 = 55,06 \text{ g NaCl/l отп. воде}$$

Количина отпадних вода после I кристализације је око 30 l, а како је укупна запремина једног упаривача 50 l, то би било оправдано вршити другостепено упаравање у једном од упаривача, а затим кристализацију и одвајање II кристала CuCl₂·2H₂O.

2.5.2. Биланс отпадних гасова у процесу производње бакар (II) хлорида

У току процеса растварања катодног бакра у царској води карактеристично је издвајање мрких азотних оксида, тако да се у процесу производње CuCl₂·2H₂O од отпадних гасова јављају NO у процесу растварања бакар и водена пара највише у процесу упаравања раствора CuCl₂. Гас NO у додиру са кисеоником из ваздуха прелази у NO₂ и као такав одлази у гасовод. Количине и састав отпадних гасова су следећи:

$$G_{\text{NO}} = 5,08 \text{ kg/шаржи}; G_{\text{NO}_2} = 7,79 \text{ kg/шаржи}$$

$$V_{\text{NO}} = 3,8 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}; V_{\text{NO}_2} = 3,79 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$

$$G \text{ вод. паре} = 52,53 \text{ kg/шаржи}$$

$$V \text{ вод. паре} = 65,37 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$

Ако се таложење бакра из отпадних вода и неутрализација слободне HCl врше натријум карбонатом, тада се као отпадни гас јавља CO₂ у следећој количини:



- при таложењу Cu из отпадних вода након II кристализације:

$$G_{CO_2} = 20,7 \text{ g/шаржи}$$

$$V_{CO_2} = 0,01 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$

- при неутрализацији слободне HCl:

$$G_{CO_2} = 0,25 \text{ kg/шаржи}$$

$$V_{CO_2} = 0,13 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$

УКУПНО:

$$G_{CO_2} = 0,02 + 0,259 = 0,279 \text{ kg/шаржи}$$

$$V_{CO_2} = 0,01 + 0,13 = 0,14 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$

Отпадни гасови који настају у процесу производње бакар (II) хлорида и у процесу пречишћавања и неутрализације отпадних вода су киселог карактера па се опсорбују у скруберу за киселе отпадне гасове.

2.6. ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ И ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА ИЗ ПРОИЗВОДЊЕ БАКАР (II) ХЛОРИДА

Билансом отпадних вода из процеса производње бакар (II) хлорида дата је количина и састав свих отпадних вода које се издавају у одређеним фазама процеса.

То су пре свега отпадне воде које се јављају:

- након I кристализације у следећој количини и саставу:

$$V \text{ отп.вода} = 29,1 \text{ l/шаржи тј. } 0,85 \text{ l/kg CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O (I кристали)}$$

$$Q \text{ CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 3,73 \text{ kg/шаржи тј. } 109,7 \text{ g/kg CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O (I кристали)}$$

односно $Q = 128 \text{ g CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O/l отпадне воде}$

$$Q \text{ Cu} = 1,39 \text{ kg/шаржи тј. } 40,88 \text{ g/kg CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O (I кристали)}$$

односно $Q = 47,77 \text{ g Cu/l отп. воде}$

$$Q \text{ HCl (слободне)} = 2 \text{ kg/шарже тј. } 58,8 \text{ g/kg CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O (I кристали)}$$

односно $Q = 68,73 \text{ g/l отп. воде}$

- након II кристализације повратног матичног луга:

$$V \text{ отп. воде} = 13,5 \text{ l тј. } 0,397 \text{ l/kg CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O (I кристали)}$$

$$Q \text{ CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 0,08 \text{ kg/шаржи тј. } 2,35 \text{ g/kg CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O (I кристали)}$$

односно $Q = 5,9 \text{ g/l отп. воде}$

$$Q \text{ Cu} = 29,7 \text{ g/шаржи тј. } 0,87 \text{ g/kg CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O (I кристали)}$$

односно $Q = 2,2 \text{ g Cu/l отп. воде}$

$$Q \text{ HCl (слободне)} = 0,430 \text{ kg/шаржи тј. } 12,65 \text{ g/kg CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O (I)}$$

односно $Q = 31,85 \text{ g HCl/l отп. воде}$

Обзиром да након I кристализације са отпадним водама одлази велика количина бакра (1,39 kg/шаржи), неопходно је матични луг II накнадно упаравати при чему би се другом кристализацијом добило још 3,65 kg II кристала CuCl₂·2H₂O по шаржи. Овако значајан губитак бакра у количини од око 10% неопходно је смањити накнадним упаравањем и кристализацијом након чега би се добило 13,5 l отпадне воде. Састав ове отпадне воде је дат у претходном тексту. Пречишћавање ових отпадних вода врши се додавањем



засићеног раствора NaOH или Na_2CO_3 , при чему се Cu таложи као хидроксид и неутралише вишак киселине. Додатак NaOH врши се до слабо базне реакције ($\text{pH} = 7 + 8$) па се на крају у практично pH -неутралној води добија NaCl (укупна) $0,744 \text{ kg/шаржи}$ тј. $55,06 \text{ NaCl/l}$ отп. H_2O . Пречишћавање ове воде своди се на њено вишеструкото разблаживање, док се претходно исталожени хидроксид бакра одваја филтрирањем. Овим отпадним водама треба додати и киселе отпадне воде из скрубера за аборпцију киселих отпадних гасова. Све отпадне воде из производње $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ укључују се у заједнички сабирни вод за киселе отпадне воде [4].

Режим рада линије за производњу $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ као и укупна количина отпадних вода на крају процеса омогућавају да се њихово пречишћавање у потпуности може вршити у погону корисника, фирме ЕКОГАЛ у Бору.

2.7. ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ И ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ГАСОВОДА ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРОИЗВОДЊУ БАКАР (II) ХЛОРИДА

У процесу производње бакар (II) хлорида дихидрата ослобађају се кисели отпадни гасови-азотови оксиди срачунати на NO_2 који су врло агресивни и штетни по здравље и околину.

Њихова количина и хемијски састав сходно режиму рада линије за производњу $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ су следећи:

$$G_{\text{NO}_2} = 7,79 \text{ kg/шаржи} \text{ (растварање траје } 4 \text{ h)}$$

$$G_{\text{NO}_2} = 1,95 \text{ kg/h}$$

$$V_{\text{NO}_2} = 3,79 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$

$$V_{\text{NO}_2} = 0,95 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$G_{\text{вод. паре}} = 52,53 \text{ kg/шаржи} \text{ (емисија траје у просеку } 12 \text{ h)}$$

$$G_{\text{вод. паре}} = 4,38 \text{ kg/l}$$

$$V_{\text{вод. паре}} = 65,37 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$

$$V_{\text{вод.паре}} = 5,45 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

У процесу пречишћавања и неутрализације оптадних вода ослобађа се CO_2 у следећој количини:

$$G_{\text{CO}_2} \text{ (укупно)} = 0,279 \text{ kg/шаржи} \cdot \text{h} \text{ (таложење Cu траје 1h)}$$

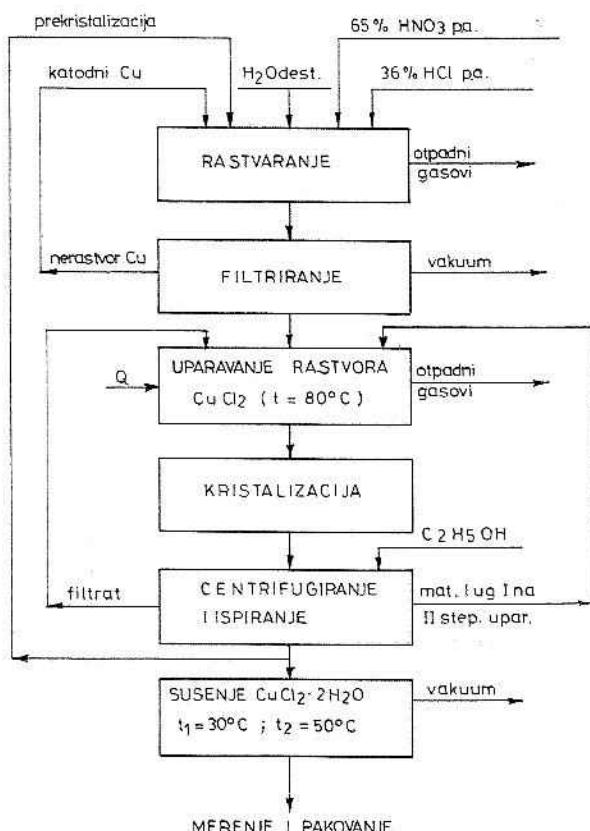
$$V_{\text{CO}_2} \text{ (укупно)} = 0,13 \text{ Nm}^3/\text{шаржи} \cdot \text{h}$$

При пројектовању гасовода и дефинисању специфичне тежине гаса треба имати у виду да издвајање азотових оксида и нешто водене паре траје око 4 h у процесу растворавања катодног бакра у реакторима. У овом периоду се издвоји целокупна количина NO срачунатог на NO_2 , и то интензивно у периоду од прва 2 часа рада реактора тако да је састав овог излазног гаса преко 90% NO_2 .

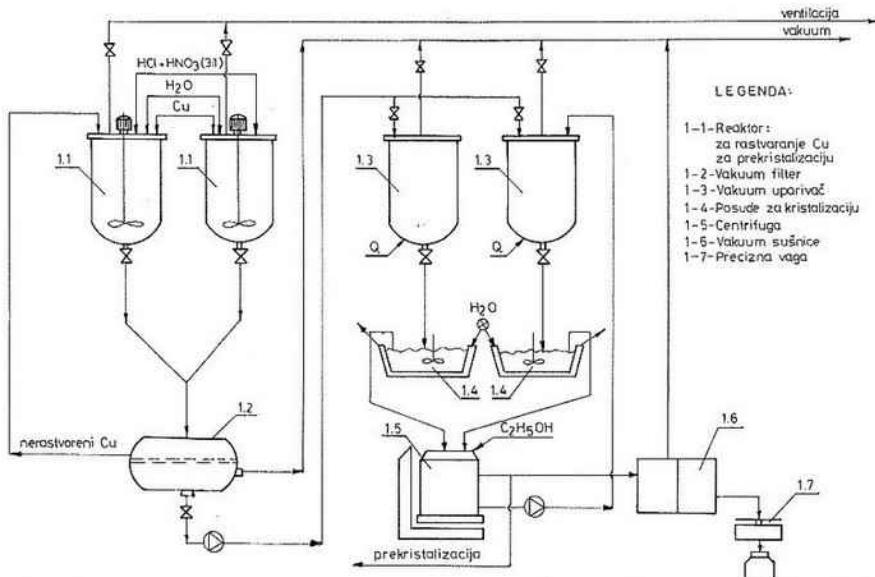


Водена пара се интензивно издаваја у процесу упаравања раствора CuCl_2 у временском трајању од 8 часова, а њена емисија укупно траје 12 часова (узимајући у обзир процес растворавања Cu, филтрирања, упаравања и кристализације раствора CuCl_2). Гасови из реактора и упаривача скупљају се у заједнички гасовод на који се прикључује и дигестор где се врши кристализација $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

CO_2 се издаваја у процесу пречишћавања и неутрализације отпадних вода у временском трајању од 1 часа. Потребно је предвидети могућност искључења појединих дигестора са сабирног гасовода, обзиром да је рад у дигесторима дисконтинуалан.



Сл. 3. Шематски приказ технолошких операција процеса производње $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



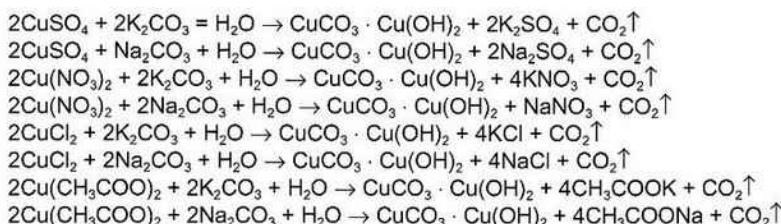
Сл. 4. Шематски приказ технолошке линије производње $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

3. БАЗНИ БАКАР КАРБОНАТ, $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

3.1. ОПИС ТЕХНОЛОШКОГ ПОСТУПКА ПРОИЗВОДЊЕ БАЗНОГ БАКАР КАРБОНАТА

Базни бакар карбонат, $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ добија се дејством раствора калијум или натријум-карбоната на неку со бакра. У ту сврху се може употребити: бакар сулфат, бакар нитрат, бакар хлорид или бакар ацетат [1,2].

Реакције добијања базног бакар-карбоната су следеће:



У лабораторијским условима базни бакар карбонат добијен је из бакар сулфата и натријум карбоната по следећем технолошком поступку:



У резервоару се припреми 10% раствор бакар супфата и раствор профилтрира на вакум филтру. У посебном резервоару се припреми 5% раствор натријум карбоната у количини која је еквивалентна са 4/5 количине бакар супфата. И овај раствор се профилтрира на вакум филтру а затим пребаци у реактор.

У раствор натријум карбоната додаје се уз стално мешање, припремљени раствор бакар супфата, а затим се смеша загреје на 100°C при чему се издваја зелени талог базног бакар-карбоната.

Бистри део изнад талога се декантује, а талог се неколико пута испере врелом дестилованом водом. Сваки пут када се талог слегне раствор се декантује.

Овако испран талог преноси се на вакум-филтер и испере малом количином дестиловане воде.

Добијени базни бакар – карбонат суши се на 80°C.

Као полазне сировине коришћени су бакар супфат п.а. и натријум карбонат техничког квалитета.

3.2. ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ПРИМЕНА БАЗНОГ БАКАР КАРБОНАТА

Базни бакар-карбонат, $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ је зелени, отрован кристални прах. у води се не раствара, али се раствара у киселинама. Специфична тежина му је 3,7-4; распада се на 200°C. Добија се неутрализацијом CuSO_4 натријум карбонатом. Употребљава се као инсектицид, као пигмент за сликарске боје, у пиротехници, у керамичкој индустрији и за добијање других једињења бакра [2,5,6].

3.3. ПРОРАЧУН КАПАЦИТЕТА ПРОИЗВОДНЕ ЛИНИЈЕ БАЗНОГ БАКАР КАРБОНАТА $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

Основни подаци за прорачун капацитета производне линије базног бакар карбоната су следећи:

Годишњи производни капацитет	3.000 kg/год.
Производни капацитет једне шарже	3,3 kg б.к./шаржи
Потрошња $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ по јед. произв.	2,27 kg/kg б.к.
Техничко-технолошко искоришћење	99%
Укупно време производње једне шарже	8 h
Годишњи фонд радних дана	300
Број шаржи (годишњи)	900

Технолошка линија за производњу $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ обухвата: један дигестор затвореног типа за смештај реактора; три реактора у низу, сваки од по 50 l укупне запремине; вакум филтер са хаубом; 3 резервоара од по 30 l укупне запремине за смештај 10% раствора CuSO_4 или један резервоар од 100 l; три резервоара од по 30 l за смештај 5% раствора Na_2CO_3 или један резервоар од 100 l; вакум филтер, једна вакум сушилица; прецизна техничка вага; резервоар за смештај готовог производа;



лабораторијски радни сто; сто за вагу; лабораторијски орман са полицама; лавабо за пијаћу воду и лавабо са доводом само дестиловане воде за прање посуђа.

- **прорачун капацитета реактора**

За шаржу од 3,3 kg $\text{CuCO}_3\text{-}\text{Cu}(\text{OH})_2$ која се произведе за 8 сати рада (9,9 kg базног карбоната бакра на дан), чија производња захтева 70,43 l 10%-тног раствора бакар сулфата и 57,14 l 5%-тног раствора Na_2CO_3 , што сумарно износи: $70,43 + 57,14 = 127,57$ l раствора, треба предвидети 3 реактора затвореног типа, сваки укупне запремине од 50 l.

- **прорачун капацитета резервоара за растворе бакар сулфата и натријум карбоната**

Обзиром да једна шаржа за 8 сати рада продукује 3,3 kg $\text{CuCO}_3\text{-}\text{Cu}(\text{OH})_2$, неутрализацијом око 70 l бакар сулфата п.а. квалитета са око 57 l 5%-тног раствора Na_2CO_3 , то је пре ове операције која се одвија у реакторима потребно припремити поменуте растворе. Како линију чине 3 реактора у низу, то је за једно њихово шаржирање потребно предвидети по 2 резервоара од по 30 l – један за раствор CuSO_4 а други за раствор Na_2CO_3 и то за сваки реактор посебно, или у ту сврху предвидети 2 реактора од по 100 l, један за раствор CuSO_4 а други за раствор Na_2CO_3 .

Материјал израде: ПВЦ пластика

- **прорачун капацитета вакум филтера**

Капацитет вакум филтра (полупречник и површина филтер плоче) одговара капацитету филтера који је предвиђен и за остале соли бакра.

- **прорачун капацитета вакум сушнице и техничке ваге**

У потпуности одговара истом, већ претходно описаном у осталим солима бакра.

3.4. ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ И ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРОИЗВОДЊУ БАЗНОГ БАКАР КАРБОНАТА, $\text{CuCO}_3\text{-}\text{Cu}(\text{OH})_2$

Реактори

Технолошку линију чине три реактора у низу смештена у дигестору. Затвореног су типа са вентилационим одводом везаним на сабирни гасовод за гасове киселог карактера. Израђени су од ватросталног стакла, опремљени мешалицом. Сваки од њих поседује своје грејно тело које је уједно и носач реактора.

Начин рада реактора је дисконтинуалан,

Укупна запремина реактора	50 l
Радна запремина реактора	43 l
Број реактора у линији	3 l
Ефективно време рада једне шарже	4 h
Број шаржи	3/дан



Опрема реактора је стандардна већ претходно описана у поглављу 2.4. осим што на врху реактора треба предвидети отворе за довод раствора бакар сулфата и натријум карбоната.

Резервоари за припремање раствора CuSO_4 и Na_2CO_3

У технолошкој линији предвиђено је 6 резервоара од ПВЦ – пластике сваки од по 30 l укупне запремине (по 2 на један реактор).

Опремљени су: доводом дестиловане воде, електромешалицом снаге 1 kW, прикључком са сигурносним вентилом за испуштање раствора и бочно уграђеним нивометрима.

Технички захтеви и подлоге за пројектовање осталих елемената, у линији предвиђених у поглављу 3.4. идентични су већ описаним у поглављу 2.4. с том разликом што треба предвидети једну сушницу у линији и још једно грејно тело у дигестору за капацитет од 3.000 kg соли годишње. Уколико би потребан годишњи капацитет био мањи тада би већ описаны дигестор са 2 реактора задовољио све техничке захтеве.

3.5. МАТЕРИЈАЛНИ БИЛАНС СИРОВИНА У ПРОЦЕСУ ПРОИЗВОДЊЕ БАЗНОГ БАКАР-КАРБОНАТА

Прорачун материјалног биланса ове соли вршен је на основу укупне годишње потребе од 3.000 kg $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

Полазни подаци су:

Производни капацитет $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	2970 kg/год.
Производни капацитет једне шарже	3,3 kg б.к./шаржи
Квалитет $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	п.а.
Садржај бакра у $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25,45%
Процентан Cu у готовом производу	57,47%
Техничко технолошко искоришћење Cu	99%
Укупна годишња потрошња $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	6750 kg/год
Потрошња $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ по јед. производа	2,27 kg/kg б.к.
Укупна годишња потрошња Na_2CO_3 безв.	2700 kg/год
Потрошња Na_2CO_3 безв. по јед. производа	0,91 kg/kg б.к.
Укупно време производње једне шарже	8 h
Број шарже (годишњи)	900
Фонд радних дана годишњи	300
Тросменски рад	

Технолошки процес производње базног бакар-карбоната захтева следеће сировине и материјале: бакар сулфат пентахидрат, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ п.а. квалитета; натријум карбонат, Na_2CO_3 – безводни, техничког квалитета; дестиловану воду и електроенергију.

Прорачун сировина и материјала вршен је за шаржу од 3,3 kg $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, при чему се у тросменском раду дневно произведе 9,9 kg базног карбоната.

**Електроенергија по шаржи**

за припремање раствора $\text{CuSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$	$6\text{kW} \cdot 0,5\text{h} = 3\text{ kWh}$
за таложење $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$	$12\text{kW} \cdot 4\text{ h} = 48\text{ kWh}$
за филтрирање	$2\text{kW} \cdot 1,5\text{ h} = 3\text{ kWh}$
за сушење $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$	$2,5\text{kWh} \cdot 2\text{ h} = 5\text{ kWh}$
Укупно:	59 kWh

$$\begin{aligned} 59 \cdot 3 &= 177 \text{ kWh/дан} \\ 177 \cdot 300 &= 53.100 \text{ kWh/год.} \\ 59 : 3,3 &= 17,88 \text{ kWh/1 kg CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2 \end{aligned}$$

Биланс материјала по шаржи:**УЛАЗ**

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (п.а.)	$7,5 \text{ kg } (7,5 \cdot 0,2545 = 1,9 \text{ kg Cu})$
Na_2CO_3 (технички)	3 kg
H_2O (дестилована)	300 kg
Укупно:	310,5 kg

ИЗЛАЗ:

а) у готовом производу:

Cu	$3,3 \cdot 0,5747 \cdot 0,99 = 1,88 \text{ kg}$
Баз. карбонат	$1,42 \text{ kg}$
Укупно:	3,3 kg

б) у отпадним водама:

Cu	$1,9 - 1,88 = 0,02 \text{ kg}$
Na_2SO_4	$4,2 \text{ kg}$
H_2O	250 kg
Укупно:	254,22 kg

ц) у отпадним гасовима

CO_2	$0,62 \text{ kg}$
водена пара	$52,6 \text{ kg}$
Укупно:	53,22 kg

Провера биланса

УЛАЗ = ИЗЛАЗ

$$310,5 = 3,3 + 254,22 + 53,22 = 310,7$$

Биланс бакра:

Обзиром на техничко технолошко искоришћење од 99% у отпадним водама треба очекивати око 1% Cu, што на шаржу од 3,3 kg $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ износи 0,02 kg односно 6 g Cu/kg $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ или 0,08 g Cu/l отп. воде.

**Табела 4. Норматив сировина и материјала за производњу CuCO₃·Cu(OH)₂**

Сировине	јед. мере	јед. мере/kg CuCO ₃ ·Cu(OH) ₂
Бакар супфат, CuSO ₄ ·5H ₂ O	kg	2,27
Натријум карбонат, Na ₂ CO ₃	kg	0,91
Дестилована вода	l	90,9
Електроенергија	kWh	17,88

3.5.1. Биланс отпадних вода у процесу производње CuCO₃·Cu(OH)₂

Након испирања и филтрирања CuCO₃·Cu(OH)₂ у отпадне воде одлази 0,02 kg бакра у облику CuSO₄ у количини од 50,23 g CuSO₄/шаржи, што износи 1% од расположиве количине бакра. Што значи да 250 l отпадне воде садржи: 20 g Cu тј. 50,23 g CuSO₄ и 4,2 kg Na₂SO₄, односно 0,08 g Cu/l отпадне воде тј. 0,2 g CuSO₄/l отп. воде и 16,8 g Na₂SO₄/l отп. воде. Обзиром на шаржу од 3,3 kg CuCO₃·Cu(OH)₂, са отпадним водама се губи 6,06 g Cu/kg баз. карбоната и 1,27 kg Na₂SO₄/kg CuCO₃·Cu(OH)₂.

Уклањање заосталог бакра из отпадних вода врши се засићеним раствором Na₂CO₃ или NaOH а у отпадним водама заостаје још: 44,7 g Na₂SO₄/шаржи односно 13,55 g Na₂SO₄/kg б.к. или 0,18 g Na₂SO₄/l отпадне воде.

Укупно Na₂SO₄:

$$\begin{aligned} 4.200 + 44,7 &= 4244,7 \text{ g Na}_2\text{SO}_4/\text{шаржи} \\ 4.244,7 : 3,3 &= 1286,27 \text{ g Na}_2\text{SO}_4/\text{kg CuCO}_3\cdot\text{Cu(OH)}_2 \\ 4.244,7 : 250 &= 16,98 \text{ g Na}_2\text{SO}_4/\text{l отп. воде} \end{aligned}$$

3.5.2. Биланс отпадних гасова у процесу производње CuCO₃·Cu(OH)₂

У процесу производње CuCO₃·Cu(OH)₂, при неутрализацији бакар супфата натријум карбонатом у реакторима издваја се CO₂, а како се раствор загрева до 100°C, очекује се нешто више од 50 kg водене паре/шаржи за 4 часа колико овај процес траје.

Количине отпадних гасова су следеће:

$$G_{\text{CO}_2} = 0,62 \text{ kg/шаржи}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 0,31 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$

$$G \text{ вод. паре} = 52,6 \text{ kg/шаржи}$$

$$V \text{ вод. паре} = 65,46 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$

Ако се таложење бакра из отпадних вода врши натријум карбонатом, тада се као отпадни гас издваја нешто CO₂ у количини од:

$$G_{\text{CO}_2} = 6,92 \text{ g/шаржи}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 0,003 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$



Укупно CO₂:

$$G_{CO_2} = 0,62 + 0,07 = 0,627 \text{ kg CO}_2/\text{шаржи}$$

$$V_{CO_2} = 0,31 + 0,003 = 0,313 \text{ Nm}^3 \text{ CO}_2/\text{шаржи}$$

Обзиром да су сви отпадни гасови који настају у процесу производње CuCO₃·Cu(OH)₂ и у процесу пречишћавања отпадних вода киселог карактера, абсорбују се у скруберу за киселе отпадне гасове.

3.6. ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ И ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА ИЗ ПРОИЗВОДЊЕ CuCO₃·Cu(OH)₂

Билансом отпадних вода из процеса производње базног бакар карбоната дата је количина и састав свих отпадних вода које се издвајају у процесу производње ове соли бакра.

$$V \text{ отп. воде} = 250 \text{ l/шаржи тј. } 75,76 \text{ l/kg CuCO}_3\cdot\text{Cu(OH)}_2$$

$$Q \text{ Cu} = 0,02 \text{ kg/шаржи тј. } 6,06 \text{ g Cu/kg CuCO}_3\cdot\text{Cu(OH)}_2 \\ \text{односно } Q \text{ Cu} = 0,08 \text{ g/l отп. воде.}$$

На крају технолошког процеса производње базног карбоната бакра, укључујући и процес пречишћавања отпадних вода, по једној шаржи издвоји се 250 l отпадне воде која је практично pH-неутралног карактера са садржајем Na₂SO₄ од:

- 4,2 kg/шаржи тј. 1,27 kg Na₂SO₄/kg CuCO₃·Cu(OH)₂
односно 16,8 g Na₂SO₄/l отпадне воде
- 44,7 g Na₂SO₄/шаржи из заосталог CuSO₄ у отпадној води
тј. 13,55 g Na₂SO₄/kg CuCO₃·Cu(OH)₂
односно 0,18 g Na₂SO₄/l отпадне воде.

Укупно:

$$4,200 + 44,7 = 4,244,7 \text{ g Na}_2\text{SO}_4/\text{шаржи} \\ \text{тј. } 1,286,27 \text{ g Na}_2\text{SO}_4/\text{kg базног карбоната,} \\ \text{односно } 16,98 \text{ g Na}_2\text{SO}_4/\text{l отпадне воде}$$

Обзиром да је заостали бакар у отпадној води издвојен из ње у облику хидроксида, додатком NaOH, након чега следи филтрирање овог талога, то се у крајњем исходу пречишћавање ове воде своди на њено вишеструко разблажење пре испуштања у водоток.

Укупна количина отпадне воде на крају процеса омогућава да се њено пречишћавање може вршити у систему за пречишћавање отпадних вода у фирмама ЕКОГАЛ у Бору. Треба узети у обзир да се овим отпадним водама придржују и киселе отпадне воде из скрубера од абсорбије киселих отпадних гасова, па се све отпадне воде из производње CuCO₃·Cu(OH)₂ укључују на заједнички сабирни вод за киселе отпадне воде. Њихова неутрализација вршила би се у резервоару за неутрализацију отпадних вода у фирмама кориснику.



Треба напоменути да би са технолошког становишта била интересантна валоризација натријум сулфата из отпадних вода обзиром да му је укупна количина од 4,2 kg/шаржи већа од продукције базног карбоната бакра као примарне соли (3,3 kg/шаржи). Ограничавајући фактор у овоме је велика количина отпадних вода (250 l) чије би упаравање а затим кристализација знатно поскупели овај технолошки процес.

3.7. ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ И ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ГАСОВОДА ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРОИЗВОДЊУ $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

Количина и састав киселих отпадних гасова који се ослобађају у процесу производње базног бакар карбоната, сходно режиму рада технолошке линије су следећи:

$$G_{\text{CO}_2} = 0,62 \text{ kg/шаржи h} \quad (\text{неутрализација траје 1 h})$$

$$V_{\text{CO}_2} = 0,316 \text{ Nm}^3/\text{шаржа h}$$

$$G \text{ вод.паре} = 52,6 \text{ kg/шаржи} \quad (\text{емисија траје 4 h})$$

$$G \text{ вод.паре} = 13,15 \text{ kg/h}$$

$$V \text{ вод.паре} = 65,46 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$

$$V \text{ вод.паре} = 16,36 \text{ Nm}^3/h$$

Ако се таложење бакра из отпадних вода врши натријум карбонатом, тада се издваја мала количина CO_2 у износу од:

$$G_{\text{CO}_2} = 6,92 \text{ g/шаржи h}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 0,003 \text{ Nm}^3/\text{шаржи h}$$

Укупно CO_2 :

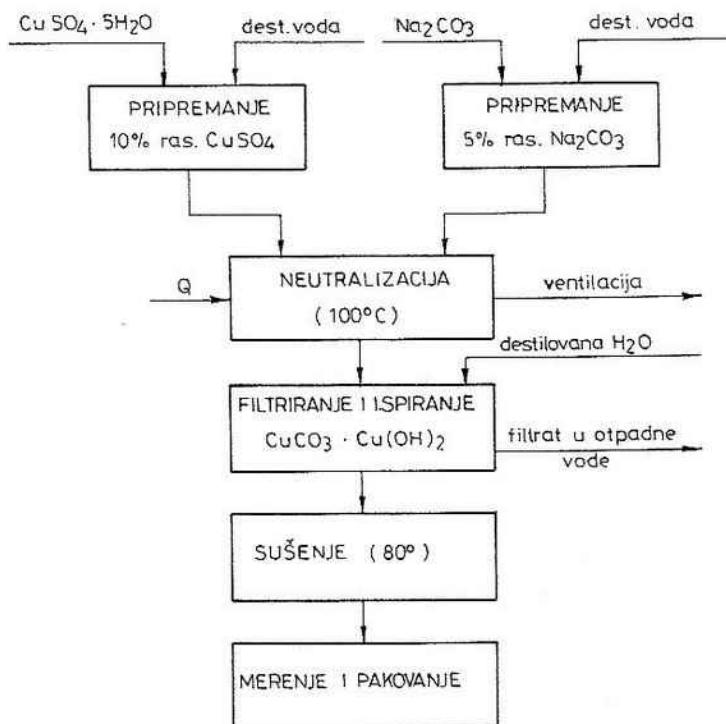
$$G_{\text{CO}_2} = 0,62 + 0,007 = 0,627 \text{ kg CO}_2/\text{шаржи}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 0,316 + 0,003 = 0,319 \text{ Nm}^3 \text{ CO}_2/\text{шаржи}$$

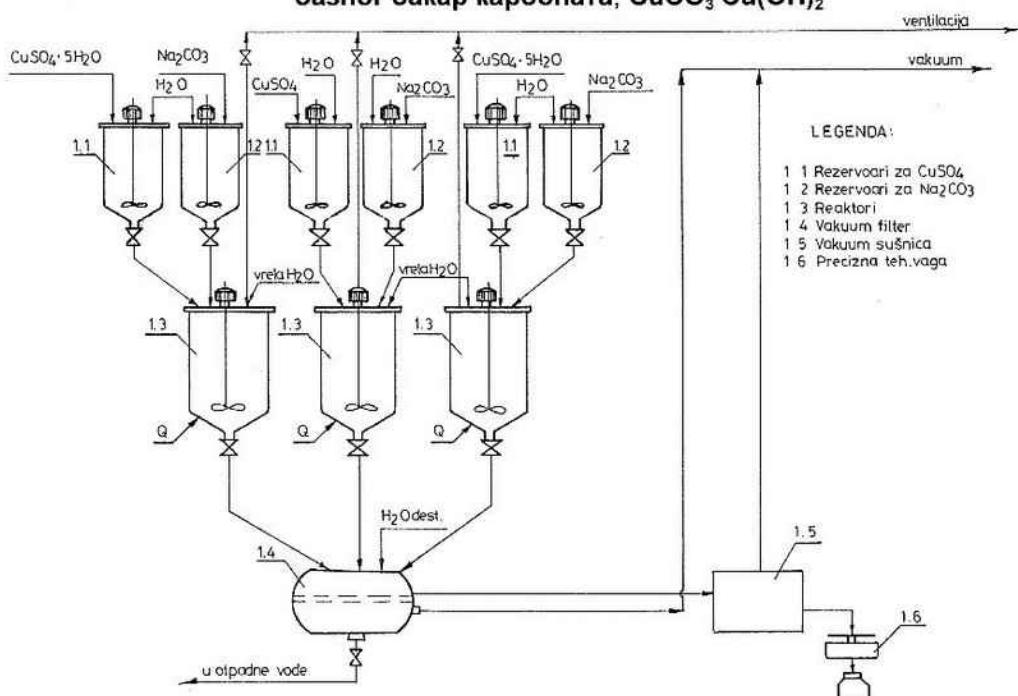
При пројектовању гасовода и дефинисању специфичне тежине гаса треба имати у виду да емисија CO_2 интензивно траје 1 h, значи на почетку процеса неутрализације када се практично издваја преко 90% CO_2 .

Обзиром да се овај процес одвија на 100°C у трајању од 4 h, то у овом периоду треба и очекивати издвајање водене паре.

Уколико се пречишћавање отпадних вода врши са Na_2CO_3 , у том периоду (у трајању од 1 h) треба и предвидети емисију мале количине CO_2 . Гасови се одводе сабирним гасоводом на који је прикључен дигестор који служи за смештај реактора.



Сл. 5. Шематски приказ технолошких операција процеса производње базног бакар карбоната, CuCO₃·Cu(OH)₂



Сл.6. Шематски приказ технолошке линије процеса производње базног бакар карбоната, CuCO₃·Cu(OH)₂

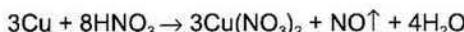


4. БАКАР (II) НИТРАТ, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

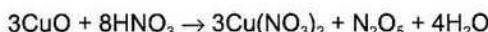
4.1. ОПИС ТЕХНОЛОШКОГ ПОСТУПКА ПРОИЗВОДЊЕ БАКАР НИТРАТА, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Бакар (II) нитрат је со двовалентног бакра. Кристалише са три молекула воде у облику плавих, отровних и врло хигроскопних кристала. $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ може се добити на два начина [11]:

1. Дејством азотне киселине на бакар:



2. Дејством азотне киселине на бакар (II) оксид:



Технологија која се овде предлаже односи се на прву методу.

Прва фаза у технолошком поступку добијања $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ је растворавање бакра у разблаженој киселини (1:1). Растварање се врши у реактору уз загревање, након чега се, по завршетку растворавања бакра, раствору додаје одређена количина воде, загрева се до 60°C и на тој температури држи до престанка издвајања мрких азотних оксида.

Следећа фаза је филтрирање добијеног раствора на вакум филтеру ради одстрањивања евентуално нераствореног бакра.

Трећа фаза је упаравање раствора бакар (II) нитрата у вакум-упаривачу на температури $60-70^\circ\text{C}$ до густине 1,79-1,8. Упарени раствор бакар нитрата испушта се из вакум-упаривача у кристализационе посуде.

Добијени кристали $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ издвајају се на центрифуги, испирају малом количином етра и одмах пакују у боце које се добро затварају.

Принос I кристала $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ је 70-80%.

4.2. ОПШТЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ПРИМЕНА БАКАР НИТРАТА, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ – кристали су му плаве боје, хигроскопни, растворавају се у води и алкохолу. Спец. тежина му је 2,04; Т-топљења $114,5^\circ\text{C}$; Т-кључења 170°C распада се уз губитак азотне киселине.

Употребљава се за фотоосетљив папир; у индустрији емајла боја и лакова; у производњи инсектицида; у медицини и производњи фармацеутских препарата; као аналитички реагенс; у галванској технички; у бојењу и штампању текстила [12].



Добија се третирањем бакра или бакарног оксида азотном киселином [2,5,6]. Раствор се упари, кристалише (уз рекристализацију) филтрира, суши и пакује. У трговину долази као хемијски чиста и као роба техничког квалитета, пакована у стаклену амбалажу.

Посебна напомена: снажан је оксиданс; отровна хемикалија; у додиру са органским или другим материјама које брзо оксидују изазива запаљење и пожар. Потребан је опрез при раду и руковању.

4.3. ПРОРАЧУН КАПАЦИТЕТА ПРОИЗВОДНЕ ЛИНИЈЕ БАКАР (II) НИТРАТА

Захтевани годишњи производни капацитет ове соли је 3000 kg, па је и прорачун капацитета производне линије рађен у односу на ову количину соли.

Основни подаци за прорачун капацитета линије су:

Производни капацитет $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	3000 kg/год.
Производни капацитет шарже	25 kg
Потребна количина Cu-праха по јед. произв.	0,32 kg
Проценат кристализације (I кристали)	80%
Потрошња 65% по јед. производа	1,4 l
Укупно време производње једне шарже	24 h
Број шаржи (годишњи)	120

Производна линија обухвата: један дигестор затвореног типа за смештај 2 реактора; један дигестор за смештај упаривања; посебни дигестор за смештај посуда за кристализацију; два реактора затвореног типа са мешалицама, укупне запремине од по 50 l; два вакум упаривача од по 50 l укупне запремине; вакум филтер са хаубом; 4 посуде за кристализацију од по 20 l укупне запремине; две центрифугалне пумпе за транспорт раствора $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$; центрифугу; техничку вагу; један резервоар затвореног типа за смештај матичног луга I; лабораторијски радни сто; лавабо; лабораторијски орман са полицима за смештај посуђа. Производна линија за $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ потпуно је идентична линији за производњу $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, само са изузетком вакум сушнице на линији бакар нитрата. Обзиром на захтевани годишњи капацитет бакар (II) нитрата, као и производни капацитет шарже лако се може извршити обрачун капацитета по уређају и апарату и доћи до закључка да се ови капацитети слажу са већ предложеним капацитетима уређаја и апарате на линији бакар (II) хлорида, то се из тих разлога ови обрачуни капацитета овде не прилажу (видети поглавље 2.3.).

4.4. ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ И ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРОИЗВОДЊУ БАКАР (II) НИТРАТА, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Обзиром на идентичност технолошких линија за производњу бакар (II) хлорида и бакар (II) нитрата, технички захтеви и подлоге за пројектовање, постројења за производњу $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ истоветни су приказаним у поглављу 2.4.



Корекција се односи на употребу вакум сушнице јер се кристали $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ након центрифугирања одмах мере и пакују без пертходног сушења. За процес кристализације раствора потребно је предвидети 4 кристализерке од по 20 l. Остала опрема у потпуности задовољава техничке захтеве ове технолошке линије.

4.5. МАТЕРИЈАЛНИ БИЛАНС СИРОВИНА У ПРОЦЕСУ ПРОИЗВОДЊЕ БАКАР (II) НИТРАТА, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Прорачун материјалног биланса сировина вршен је на основу укупне годишње потребе за овим производом од 3.000 kg.

Полазни подаци су:

Производни капацитет $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	3000 kg/јед.
Производни капацитет шарже	25 kg $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
укупан годишњи утрошак Си	960 kg Си-прах
Потребна количина Си по јед. производа	0,32 kg
Квалитет бакра (бакарног праха)	99%
Процент бакра у готовом производу	26,2%
Процент кристализације $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	80%
Укупан годишњи утрошак HNO_3 (65%)	4200 l
Потрошња 65% HNO_3 по јединици производа	1,4 l
Укупно време производње једне шарже	24 h
Годишњи фонд радних дана	120
Укупан број шаржи	120

У процесу производње $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ користе се следеће сировине и материјали: бакарни прах; азотна киселина, HNO_3 (65%) техничког квалитета; етар; дестилована вода и електроенергија. Обзиром да су полазне сировине техничког квалитета, то је у циљу добијања $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ п.а. квалитета потребно вршити његову прекристализацију, што се нарочито односи на II кристале бакар (II) нитрата. Код прекристализације произведеног $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ треба водити рачуна о параметрима растворљивости дате соли у топлој, односно хладној води – подаци из технолошког приручника.

Прорачун сировина и материјала вршен је за шаржу од 25 kg $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ првих кристала.

Електроенергија по шаржи $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

за растварање бакра	8 kW · 8 h = 64 kWh
за упаравање мат. луга	4 kW · 5 h = 20 kWh
за кристализацију (рад мешалица)	kW · 8 h = 32 kWh
за филтрирање	4 kW · 1 h = 4 kWh
за центрифугирање	4 kW · 1 h = 4 kWh
за рад пумпе	<u>8 kW · 1 h = 8 kWh</u>
Укупно:	132 kWh

$$132 \cdot 120 = 15.840 \text{ kWh/годишње}$$

$$132 \cdot 30 = 3.960 \text{ kWh/месечно}$$

$$132 : 25 = 5,28 \text{ kWh/1 kg Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$$

**Биланс материјала по шаржи:****УЛАЗ:**

Cu	8 kg
HNO ₃ (65%)	35 · 1,4 = 49 kg (31,85 kg HNO ₃ 100%)
H ₂ O (дестилов.)	60 kg
Укупно	117 kg

ИЗЛАЗ:

а) у готовом производу:

Cu	25 · 0,262 = 6,55 kg
NO ₃	12,83 kg
H ₂ O (кристална)	5,59 kg
Укупно:	24,97 kg

б) у отпадним водама:

Cu	8 – 6,55 = 1,45 kg
HNO ₃ (слободна)	14,89 kg
H ₂ O	45,3 kg
Укупно:	61,64 kg

ц) у отпадним гасовима

NO	1,89 kg (2,89 kg NO ₂)
водена пара	28,6 kg
Укупно:	30,5 kg

Провера биланса:

УЛАЗ = ИЗЛАЗ

$$117 = 24,97 + 61,64 + 30,5 = 117,11$$

Биланс бакра:

Обзиром да је обрачун материјалног биланса рађен само за једну пуну шаржу првих кристала Cu(NO₃)₂·3H₂O при чему треба рачунати на принос I кристала од 70-80%, то би биланс бакра под овим условима био следећи:

$$100 - \frac{1,45}{8} \cdot 100 = 81,87\% \text{ Cu}$$

разлика у количини бакра до 100% (18,13% Cu) односи се на губитак бакра са отпадним водама.

Да до овога не би дошло, потребно је вршити II кристализацију, па тек након тога третирати отпадне воде. Другостепеном кристализацијом произведе се још 3,5 kg II кристала Cu(NO₃)₂·3H₂O по шаржи након чега је биланс бакра следећи:

$$100 - \frac{0,530}{8} \cdot 100 = 93,37\% \text{ Cu}$$



Након другостепене кристализације проценат искоришћења бакра је 93,38%, што значи да се са отпадним водама гуди 6,62% Cu. Ову количину бакра је у поступку пречишћавања отпадних вода потребно уклонити.

Табела 5. Норматив сировина и материјала за производњу бакар (II) нитрата

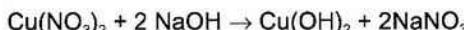
Сировина	јед. мере	јед. мере/kg Cu Cu(NO ₃) ₂ ·3H ₂ O
Бакарни прах	kg	0,32
Азотна киселина (65%тех.)	l	1,40
Дестилована вода	l	3,2
Етар	l	0,13
Електро енергија	kWh	5,28

При производњи 1 kg I кристала Cu(NO₃)₂·3H₂O накнадним упирањем матичног раствора и кристализацијом произведе се још 140 g II кристала који задовољавају технички квалитет, односно још укупно 3,5 kg II кристала Cu(NO₃)₂·3H₂O/шаржи.

4.5.1. Биланс отпадних вода у процесу производње бакар (II) нитрата

Отпадне воде процеса производње бакар (II) нитрата представља матични раствор од издавања II кристала бакар (II) нитрата трихидрата и испирне воде од прања уређаја и апарате. Укупна количина отпадних вода износи 1,71 = 10 l = 11,71 l, што би по 1 kg произведених I кристала Cu(NO₃)₂·3H₂O било 468,4·10⁻³ l. Матични раствор садржи 530 g Cu/шаржи, односно 21,2 g Cu/1 kg кристала Cu(NO₃)₂·3H₂O, односно 530 : 11,71 = 45,26 g Cu/1 l отпадне воде.

Ову количину бакра је потребно уклонити из отпадних вода. У ту сврху користи се 20%-ни раствор натријум хидроксида, према следећој реакцији:



Исталожени бакар (II) хидроксид одваја се филтрирањем, а филтрат који садржи NaNO₃ вишеструко се разблажује са другим отпадним водама и испушта у водоток. Потребна количина натријум хидроксида за таложење бакра из отпадне воде по једној шаржи је следећа:

$$Q = \frac{Q_{\text{Cu}} \cdot 2M_{\text{NaOH}}}{A_{\text{Cu}}} = \frac{0,53 \cdot 80}{63,54} = 0,667 \text{ kg NaOH} 100\%$$

$$Q = 3,34 \text{ kg } 20\% \text{ NaOH/шаржи } \left(V = \frac{3,34}{1,2191} = 2,74 \text{ l} \right)$$

односно:

$$0,667 : 25 = 26,7 \text{ g NaOH/kg Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$$

или 133,5 g 20% раствора NaOH/kg Cu-нитрата
(V = 133,5 : 1,2191 = 109,5 ml 20% NaOH)

Количина натријум нитрата, NaNO₃ која настаје при таложењу бакар хидроксида узимајући у обзир једну шаржу је:



$$Q = \frac{Q_{Cu} \cdot 2M_{NaNO_3}}{A_{Cu}} = \frac{0,53 \cdot 2 \cdot 84,99}{63,54} = 1,42 \text{ kg}$$

или $Q = 1,42 \text{ kg NaNO}_3/\text{шаржи}$
 $1,42 : 25 = 56,8 \text{ g NaNO}_3/1 \text{ kg Cu(NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
 $1,42 : 11,71 = 121,26 \text{ g NaNO}_3/1 \text{ l отпадне воде}$

За неутрализацију слободне HNO_3 након издавања II кристала Си-нитрата ($14,89 - 7,3 = 7,59 \text{ kg HNO}_3$ слободне) троши се још $4,8 \text{ kg NaOH}$ па је укупна потребна количина NaOH по шаржи: $0,667 + 4,8 = 5,47 \text{ kg NaOH}$ односно $22,4 \text{ l } 20\% \text{ NaOH}$.

4.5.2. Биланс отпадних гасова у процесу производње бакар (II) нитрата

Отпадне гасове процеса производње бакар (II) нитрата чине азотови оксиди NO , односно NO_2 и водена паре и то: у процесу растворавања бакарног праха издава се NO који у додиру са ваздухом прелази у NO_2 и као такав долази у гасовод, док се водена паре издавају готово у свим фазама процеса, највише у току упаријавања раствора бакар (II) нитрата. Количине и састав отпадних гасова су према томе следећи:

$$G_{NO} = 1,89 \text{ kg/шаржи}; \quad G_{NO_2} = 2,9 \text{ kg NO}_2/\text{шаржи}$$

$$V_{NO} = 1,41 \text{ Nm}^3 \text{ NO/шаржи}; \quad V_{NO_2} = 1,41 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$

$$G \text{ водене паре} = 28,6 \text{ kg/шаржи}$$

$$V \text{ водене паре} = 35,59 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$

4.6. ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ И ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ ОТПАДНИХ ВОДА ИЗ ПРОИЗВОДЊЕ БАКАР(II) НИТРАТА

На основу биланса отпадних вода формиране су количине и хемијски састав ових вода. Укупна запремина отпадних вода износи:

$$V = 11,71 \text{ l tj. } 468,4 \text{ ml/1 kg Cu(NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O (I кристала)} \text{ односно}$$

$$45,6 \text{ g Cu/1 l отпад воде}$$

Сав присутни бакар из отпадне воде укланја се 20%-тним раствором NaOH , при чему се бакар таложи као хидроксид и неутралише се вишак слободне киселине. За ову сврху се троши укупно $5,5 \text{ kg NaOH}$ (око $27 \text{ l } 20\%-тног$ раствора NaOH), при чему се издава још и NaNO_3 као продукт таложења и неутрализације. Вишеструким разблаживањем овако третираних отпадних вода пре испуштања у водотоц уједно се и врши њихово пречишћавање, пошто се претходно исталожени бакар хидроксид одвоји од њиховог филтрирањем. Овим отпадним водама треба додати и киселе отпадне воде из скрубера за аборсцију киселих отпадних гасова, тако да се све отпадне воде из производње $\text{Cu(NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ укључују на крају на заједнички сабирни вод за киселе отпадне воде.

Обзиром на количину и састав ових отпадних вода, као и на режим рада целог постојења, њихово пречишћавање се у потпуности може вршити у фирмии кориснику.



4.7. ТЕХНИЧКИ ЗАХТЕВИ И ПОДЛОГЕ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ГАСОВОДА ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПРОИЗВОДЊУ БАКАР (II) НИТРАТА

Количине и састав отпадних гасова из процеса производње $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ су следећи:

$$G_{\text{NO}_2} = 2,9 \text{ kg NO}_2/\text{шаржи} \quad (\text{растварање траје } 8 \text{ h}; \text{ прва } 3 \text{ h интензивно})$$

$$G_{\text{NO}_2} = 0,4 \text{ kg NO}_2/\text{h}$$

$$V_{\text{NO}_2} = 1,41 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$

$$V_{\text{NO}_2} = 0,2 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$G \text{ водене паре} = 28,6 \text{ kg/шаржи} \quad (\text{емисија траје у просеку } 14 \text{ h})$$

$$G \text{ вод.паре} = 2 \text{ kg/h}$$

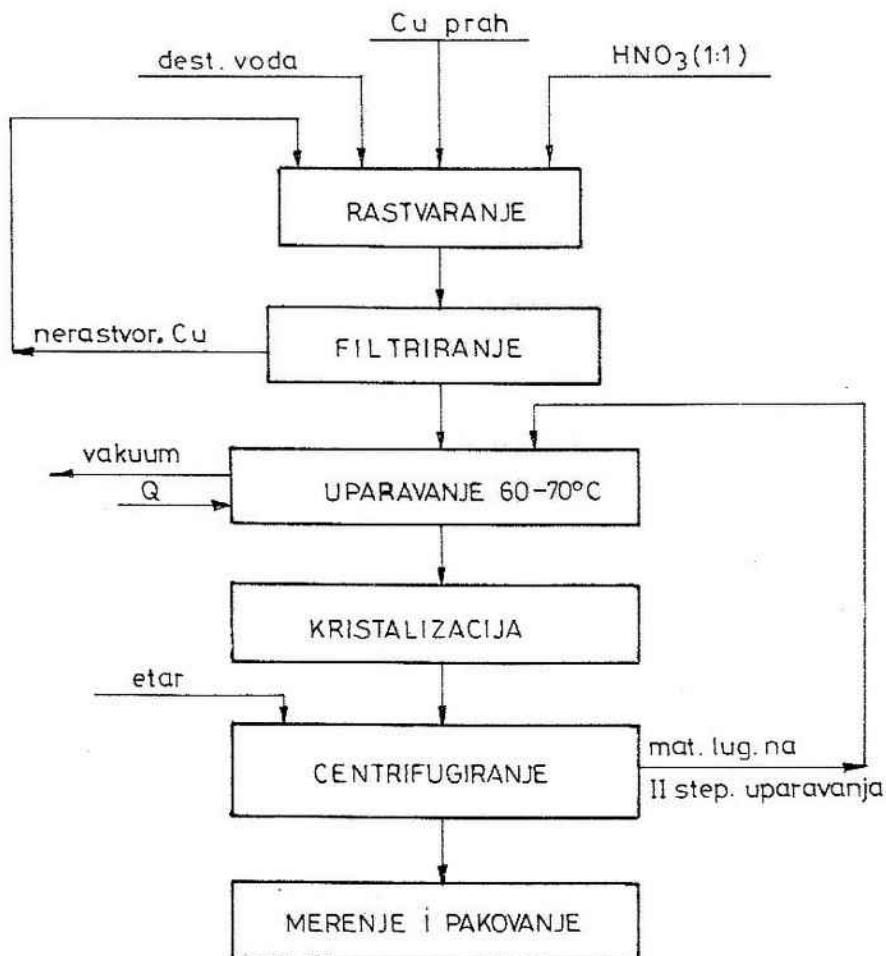
$$V \text{ вод.паре} = 35,59 \text{ Nm}^3/\text{шаржи}$$

$$V \text{ вод.паре} = 2,54 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

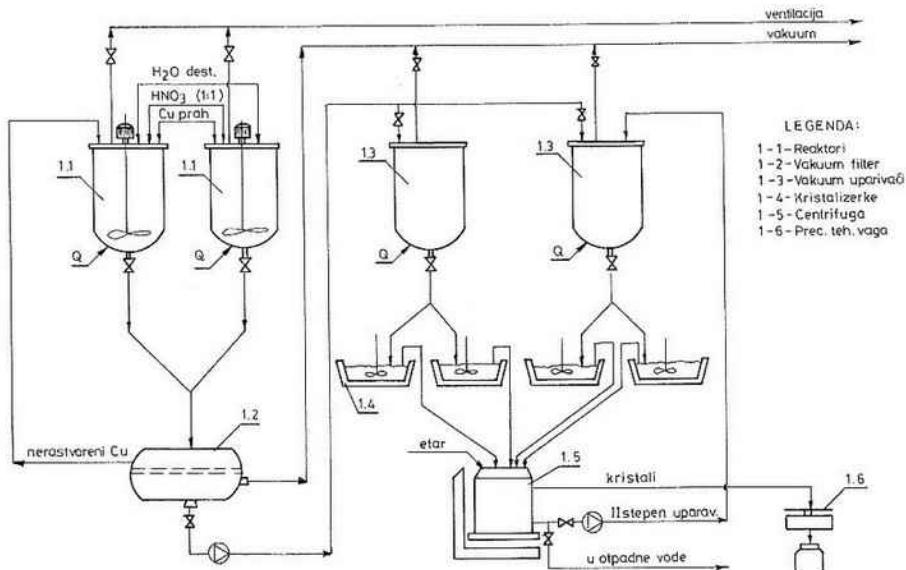
При пројектовању гасовода треба имати у виду да интензивно издвајање азотових оксида траје прва 3-4 часа у процесу растворавања Си-праха у реакторима. У овом периоду издвоји се преко 90% азотових оксида срачунатих на NO_2 .

Водена пара се издваја и у процесу растворавања бакра, а интензивно у процесу упаравања раствора $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ у временском трајању од 5 часова, док њена емисија траје укупно око 14 часова.

Гасови из реактора и упаривача сакупљају се у заједнички гасовод на који се прикључује и дигестор где се врши кристализација $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ [4]. Рад у дигесторима је дисконтинуалан па је потребно предвидети могућност њиховог искључења (по потреби) са сабирног гасовода.



Сл. 7. Шематски приказ технолошких операција процеса производње бакар (II) нитрата, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$



Сл. 8. Шематски приказ технолошке линије производње
бакар (II) нитрата, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

13. ЗАКЉУЧАК

Идејним технолошким пројектом флексибилног постројења за производњу соли и чистих хемикалија представљена је технолошка линија за производњу бакарних соли, извршени су сви неопходни технолошки обрачуни (укупно материјалне билансе отпадних вода и отпадних гасова, као и технолошка решења за њихово пречишћавање). Дат је предлог за континуалан рад ове нове технолошке линије, а све сходно захтевима тржишта.

Обрачуну материјалног биланса претходила су детаљна експериментална лабораторијска истраживања, прецизирани су сви технолошки параметри и утврђене оптимални технологије за производњу бакарних соли.

На основу упоредне анализе предложених технолошких линија за производњу бакар сулфата, бакар (II) хлорида, базног бакар карбоната и бакар нитрата, може се закључити да се производња свих соли може одвијати на једној флексибилној технолошкој линији која уз минимална улагања омогућава лаку прилагодљивост опреме и капацитета.



ЛИТЕРАТУРА

- [1] Brauer, Handbuch der Preparativen Anorganischen Chemie, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1975.
- [2] W.G.Palmer, Experimental inorganic chemistry, Cambridge at the University press, 1954.
- [3] S. Dragulović, Osvajanje tehnologija proizvodnje neorganskih soli i čistih hemikalija, Institut za bakar Bor, 1998.
- [4] Westermann, Naser, Gruhl, Anorganische chemie, VEB Deutcher Verlag fur Grundstoffindustrie, Leipzig
- [5] Edwin S. Gould, Neorganske reakcije i struktura, Njujork, 1955.
- [6] E.S. Gould: Inorganic Reactions and Structure, New York, (1955)
- [7] E. Wiberg, N. Wiberg, A.F. Holleman: Inorganic Chemistry, Academic Press,(2001), San Diego, pp.1263
- [8] H.W. Richardson: Copper Compounds in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, (2005), Wiley-VCH, Weinheim
- [9] J. March: Advanced Organic Chemistry, 4th ed., Wiley, New York, (1992), pp. 723.
- [10] Masterson W.L., Hurly C.N., Chemistry: principals and Reactions, 5th ed., Thomson Learning, Inc. pp. 498.
- [11] Balogh M., Copper(II) Nitrate – K10 Bentonite Clay, in Encyclopedia of Reagents for Organic Synthesis, (2004), J. Wiley&Sons, New York
- [12] L.Huiwei, The production technology and research progress of copper salts, Inorganic Chem. Industry, China, 2002.-01

Предлог Техничког и развојног решења –
нове технолошке линије припремила:

Branka Pešovski
Бранка Пешовски, дипл.инж. тех.

**НАУЧНОМ ВЕЋУ
ИНСТИТУТА ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР**

ПРЕДМЕТ: Рецензија техничког решења бр. IV/8.5. од 06.12.2011. године

„Нова производна линија флексибилног постројења за производњу соли и чистих хемикалија „

Аутора:

Бранка Пешовски, дипл. инж. тех.

Др Владимир Цветковски, дипл. инж. мет.

Данијела Симоновић, дипл. инж. тех.

Мр Зденка Станојевић Шимшић, дипл. инж. мет.

Смиљана Јаковљевић, дипл. инж. мет.

Љиљана Младеновић, дипл. инж. мет.

Весна Џонић, дипл. инж. мет.

МИШЉЕЊЕ РЕЦЕНЗЕНТА:

Одлуком Научног већа ИРМ-а бр. IV/8.5. од 06.12.2011. године, одређена сам за рецензента Техничког решења бр. IV/8.5. под називом:

„Нова производна линија флексибилног постројења за производњу соли и чистих хемикалија“

Ово техничко решење представља резултат експерименталних истраживања у области нових технологија за производњу великог броја неорганских соли и других хемијских производа на бази бакра и других обожених, племенитих и платинских метала који се користе за различите намене у хемијској индустрији и које је могуће пласирати како на домаћем, тако и на иностраном тржишту. Представљене соли бакра производе се по предложенуј технолошкој линији у фирмама за производњу хемикалија и галванских препарата „ЕКОГАЛ“ у Бору.

У вези са горе неведеним чињеницама, износим своје мишљење на основу приложене техничке документације.

Техничко решење је представљено на 40 страна и обухвата пет табела и осам технолошких шема. Садржај техничког и развојног решења приказан је кроз следећа поглавља:

1. Назив и евиденциони број пројекта са бројем активности, у коме је остварен резултат из категорије M82:
2. Руководилац пројекта
3. Организација кординатор
4. Организације учесници
5. Корисник техничког решења
6. Назив техничког решења
7. Установа/Аутори решења
8. Област на коју се техничко и развојно решење односи
9. Проблем који се техничким решењем решава
10. Ставе решености тог проблема у свету
11. Како су резултати верификовани (од стране ког тела)
12. Објашњење суштине техничког решења и детаљни опис са карактеристикама (фотографије, илустрације, технички цртежи)
13. Закључак

Приказано Техничко решење је урађено у складу са захтевом дефинисаним Правилником о поступку и начину вредновања и квалитативном исказивању научно-истраживачких резултата – Сл. Гласник, РС 38/2008. Наведена поглавља садрже довољно информација о технолошкој оправданости коришћења нове производне линије флексибилног постројења за производњу соли и чистих хемикалија.

ЗАКЉУЧАК

Техничко и развојно решење – нова производна линија, под називом: „Нова производна линија флексибилног постројења за производњу соли и чистих хемикалија“, припремљено је у складу са важећим Правилником о поступку и начину вредновања и квалитативном исказивању научно-истраживачких резултат – Сл. Гласник, РС 38/2008.

Имајући у виду чојеницу да су у Институту за рударство и металургију у Бору експериментално освојени нови технолошки поступци за производњу великог броја соли метала, а пре свега на бази: бакра, калаја, никла, кобалта, племенитих и платинских метала и тд. као и других хемијских производа, јавља се потреба рационализације технолошких линија производње ових хемикалија, у првом реду ради техничке оправданости њихове производње, енергетских и других уштеда и боље заштите животне средине.

У поглављу 12. дато је детаљно објашњење суштине техничког решења кроз прецизан опис свих технолошких фаза у процесу производње наведених соли бакра.

Материјални и енергетски биланси рађени су за одговарајуће масе шаржи сваке соли посебно, у циљу задовољења прорачунатих капацитета техничке опреме и њеног уклапања у једну технолошку, флексибилину производну линију, која би са мањим изменама и лаким прилагођавањем могла да задовољи захтеване годишње производне капацитете сваке соли, а по захтеву инвеститора, фирме „ЕКОГАЛ“ у Бору.

Изабрани технолошки поступци производње наведених соли бакра, уклопљени су у нову технолошку линију која обезбеђује најнижу цену њихове производње, а уједно задовољава и еколошке захтеве за пречишћавање отпадних вода и гасова из процеса производње ових соли, на основу материјалног биланса отпадних вода и гасова, и предлог за њихово пречишћавање који је дат кроз техничке захтеве и подлоге за пројектовање постројења за пречишћавање ових отпадних вода.

Упоређивањем детаљно описаних технолошких поступака за производњу сваке соли, њихових материјалних и енергетских биланса, као и биланса отпадних вода и гасова, приказаних на технолошким шемама процеса производње, може се закључити да се нова производна линија флексибилног постројења за производњу соли и чистих хемикалија успешно може користити за технолошки процес производње следећих соли бакра:

- бакар сулфата, тех/п.а.
- бакар (II) хлорида, тех/п.а.
- базног бакар карбоната, тех/п.а.
- бакар нитрата, тех./п.а.

Датум: 26. 12. година: 2011.

Рецензент:

Др Снежана Милић, доцент ТФ Бор

**НАУЧНОМ ВЕЋУ
ИНСТИТУТА ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР**

ПРЕДМЕТ: Рецензија техничког решења бр. IV/8.5. од 06.12.2011. године

, „Нова производна линија флексибилног постројења за производњу соли и чистих хемикалија ,“

Аутора:

Бранка Пешовски, дипл. инж. тех.

Др Владимир Цветковски, дипл. инж. мет.

Данијела Симоновић, дипл. инж. тех.

Мр Зденка Станојевић Шимшић, дипл. инж. мет.

Смиљана Јаковљевић, дипл. инж. мет.

Љиљана Младеновић, дипл. инж. мет.

Весна Џонић, дипл. инж. мет.

МИШЉЕЊЕ РЕЦЕНЗЕНТА:

Одлуком Научног већа ИРМ-а бр. IV/8.5. од 06.12.2011. године, одређена сам за рецензента Техничког решења бр.IV/8.5. под називом:

„Нова производна линија флексибилног постројења за производњу соли и чистих хемикалија“

Ово техничко решење представља резултат експерименталних истраживања у области нових технологија за производњу великог броја неорганских соли и других хемијских производа на бази бакра, калаја и других обојених, племенитих и платинских метала који се користе за различите намене у неорганској и органској хемијској индустрији и које је могуће пласирати како на домаћем, тако и на иностраном тржишту. Представљене соли бакра производе се по предложену технолошкој линији у фирмама за производњу хемикалија и галванских препарата „ЕКОГАЛ“ у Бору.

У вези са горе наведеним чињеницама, износим своје мишљење на основу приложене техничке документације.

Техничко решење је представљено на 40 страна и обухвата пет табела и осам технолошких шема. Садржај техничког и развојног решења приказан је кроз следећа поглавља:

1. Назив и евиденциони број пројекта са бројем активности, у коме је остварен резултат из категорије M82:
2. Руководилац пројекта
3. Организација кординатор
4. Организације учесници
5. Корисник техничког решења
6. Назив техничког решења
7. Установа/Аутори решења
8. Област на коју се техничко и развојно решење односи
9. Проблем који се техничким решењем решава
10. Станење решености тог проблема у свету
11. Како су резултати верификовани (од стране ког тела)
12. Објашњење суштине техничког решења и детаљни опис са карактеристикама (фотографије, илустрације, технички цртежи)
13. закључак

Приказано Техничко решење је урађено у складу са захтевом дефинисаним Правилником о поступку и начину вредновања и квалитативном исказивању научно-истраживачких резултата – Сл. Гласник, РС 38/2008. Наведена поглавља садрже довољно информација о технолошкој оправданости коришћења нове производне линије флексибилног постројења за производњу соли и чистих хемикалија.

ЗАКЉУЧАК

Технолошко и развојно решење – нова производна линија, под називом: „Нова производна линија флексибилног постројења за производњу соли и чистих хемикалија“, припремљено је у складу са важећим Правилником о поступку и начину вредновања и квалитативном исказивању научно-истраживачких резултат – Сл. Гласник, РС 38/2008.

Имајући у виду чоњеницу да су у Институту за рударство и металургију у Бору експериментално освојени нови технолошки поступци за производњу великог броја соли метала, а пре свега на бази: бакра, калаја, никла, кобалта, племенитих и платинских метала и тд. као и других хемијских производа, проблем који се овом новом производном линијом решава указује на потребу рационализације технолошких линија производње ових хемикалија, у првом реду ради техничке оправданости њихове производње, енергетски и других уштеда, а све у циљу заштите животне средине.

Изабрани технолошки поступци за производњу наведених соли бакра, уклопљени у нову технолошку линију обезбеђују најнижу цену њихове производње, као и еколошки аспект изражен кроз биланс отпадних вода и гасова из процеса производње и предлог за њихово пречишићавање, дат кроз техничке захтеве и подлоге за пројектовање постројења за пречишићавање ових вода.

У поглављу 12. Дато је врло опсежно и детаљно објашњење суштине техничког решења, кроз прецизан опис свих технолошких фаза у процесу производње наведених соли бакра.

Материјални и енергетски биланси рађени су за одговарајуће масе шаржи сваке соли посебно, са циљем задовољења прорачунатих капацитета техничке опреме и њиховог уклапања у једну технолошку, флексибилину производну линију, која би са мањим изменама и лаким прилагођавањем могла да задовољи захтеване годишње производне капацитете сваке соли, а по захтеву инвеститора, фирме „ЕКОГАЛ“ у Бору.

Упоређивањем детаљно представљених технолошких поступака за производњу сваке соли, њихових материјалних и енергетских биланса, као и биланса отпадних вода и гасова, прецизно приказаних на технолошким шемама процеса производње, може се заклучити да се нова производна линија флексибилног постројења за производњу соли и чистих хемикалија успешно може користити за технолошки процес производње: бакар сулфата п.а. квалитета, бакар (II) хлорида техничког и п.а., базног бакар карбоната тех. и п.а. и бакар нитрата, такође техничког и п.а. квалитета.

Датум: 26. 12. година: 2011.

Рецензент:

Др Јасмина Стевановић, научни саветник ИХТМ, Београд

PREDMET: Dokaz o prihvaćenom tehničko – razvojnom rešenju pod nazivom:

„Nova proizvodna linija fleksibilnog postrojenja za proizvodnju soli i čistih hemikalija“

U okviru projekta finansiranog od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije br. TR 34004, pod nazivom: „Razvoj ekoloških i energetski efikasnijih tehnologija za proizvodnju obojenih i plemenitih metala kombinacijom bioluženja, solventne ekstrakcije i elektrolitičke rafinacije“, rukovodilac projekta je Dr Vladimir Cvetkovski, dipl. ing. met. za period 2011-2014. godine, tokom prve istraživačke godine razvijena je nova tehnološka linija do koncepcije tehničkog rešenja pod nazivom:

„Nova proizvodna linija fleksibilnog postrojenja za proizvodnju soli i čistih hemikalija“

Autora:

1. Branke Pešovski, dipl. ing teh.
2. Dr Vladimira Cvetkovskog, dipl. ing met.
3. Danijele Simonović, dipl. ing teh.
4. Mr Zdenke Stanojević Šimšić, dipl. ing met.
5. Smiljane Jakovljević, dipl. ing met.
6. Ljiljane Mladenović, dipl. ing met.
7. Vesne Conić, dipl. ing met.

Tehničko rešenje pripada oblasti neorganske hemijske tehnologije i zaštite životne sredine. Za potrebe projekta br. TR 34004, u laboratoriji za neorganske hemijske preparate i hemikalije Institututa za rудarstvo i metalurgiju u Boru osvojene su tehnologije proizvodnje sledećih soli bakra: bakar sulfata p.a. kvaliteta, bakar (II) hlorida - tehničkog i p.a. kvaliteta, bazonog bakar karbonata – tehničkog i p.a. kvaliteta i bakar nitrata, teh. i p.a. kvaliteta, koje se mogu koristiti za različite namene i koje je moguće plasirati kako na domaćem, tako i na inostranom tržištu. Obzirom da tehnološki proces proizvodnje predloženih soli bakra zahteva korišćenje istovetne opreme, a uzimajući u obzir eksperimentalnim putem prethodno osvojene tehnologije, došlo se do zaključka da se proizvodnja ovih soli može odvijati na jednoj fleksibilnoj proizvodnoj liniji, sa opremom koja u potpunosti zadovoljava zahtevane godišnje kapacitete ovih soli i u energetskom pogledu obezbeđuje najnižu tržišnu cenu po jedinici proizvoda kao i ekološki aspekt izražen kroz bilians otpadnih voda i gasova iz procesa proizvodnje i predlog za njihovo prečišćavanje.

Potvrđujem da je navedeno tehničko rešenje **prihvaćeno** i primenjuje se u firmi „EKOGAL“ u Boru od oktobra 2011. godine.

U Boru 25.10.2011. godine



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

Зелени булевар 35, п.ф.152
19210 Бор, Србија

**MINING AND METALLURGY INSTITUTE BOR**

35 Zeleni bulevar, POB 152
19210 Bor, Serbia

Тел: +381 (0) 30-436-826 *Фах: +381 (0) 30-435-175 * Е-mail:institut@irmbor.co.rs

ПНБ : 100627146 *МБ : 07130279 *Жиро рачун: 150 - 453 - 40

Датум:
Date:

Наши знак:
Our sign:

Ваш знак:
Your sign:

Predmet: Verifikacija Tehničkog rešenja pod nazivom: "NOVA PROIZVODNA LINIJA FLEKSIBILNOG POSTROJENJA ZA PROIZVODNJU SOLI I ČISTIH HEMIKALIJA"

Tehničko i razvojno rešenje - nova proizvodna linija (M82) je rezultat eksperimentalnog rada u okviru projekta br. TR 34004, pod nazivom: "RAZVOJ EKOLOŠKIH I ENERGETSKIH EFKASNIJIH TEHNOLOGIJA ZA PROIZVODNJU OBOJENIH I PLEMENITIH METALA KOMBINACIJOM BIOLUŽENJA, SOLVENTNE EKSTRAKCIJE I ELEKTROLITIČKE RAFINACIJE", radenom za MNTRS za 2011. godinu, a koje se primenjuje u proizvodnom pogonu firme "EKOGAL" u Boru.

Autora:

- | | |
|---|---------------------------------------|
| 1. Branke Pešovski, dipl.ing teh. | 5. Smiljane Jakovljević dipl.ing met. |
| 2. Dr Vladimira Cvetkovskog, dipl.ing met. | 6. Ljiljane Mladenović, dipl.ing met |
| 3. Danijele Simonović, dipl.ing teh. | 7. Vesne Conić, dipl.ing met. |
| 4. Mr Zdenke Stanojević Šimšić, dipl.ing met. | |

U Institutu za rударство и металургију у Бору освоjeni су hemijski postupci za proizvodnju velikog broja soli i različitih hemijskih proizvoda na bazi bakra i drugih obojenih i plemenitih metala, koji se koriste u mnogim oblastima rada u okviru neorganske i organske hemijske tehnologije i koje je moguće plasirati kako na domaćem, tako i na inostranom tržištu. Iz tih razloga, a po zahtevu korisnika, uradeno je ovo Tehničko i razvojno rešenje – nova proizvodna linija za predložene godišnje kapacitete svake od navedenih soli bakra. Na osnovu uporedne analize predloženih tehnoloških postupaka za proizvodnju: bakar sulfata p.a. kvaliteta, bakar (II) hlorida tehničkog i p.a. kvaliteta, baznog bakar karbonata tehničkog i p.a. i bakar (II) nitrata tehničkog i p.a. kvaliteta, došlo se do zaključka da se proizvodnja ovih neorganskih soli može nesmetano odvijati na jednoj fleksibilnoj tehnološkoj liniji, koja uz minimalna ulaganja omogućava laku prilagodljivost opreme i kapacitetu.

Na osnovu mišljenja recenzentata: Dr Snežane Milić, docenta TF Bor i Dr Jasmine Stevanović, naučnog savetnika IHMT Beograd, **prihvatomо** da Tehničko rešenje: "NOVA PROIZVODNA LINIJA FLEKSIBILNOG POSTROJENJA ZA PROIZVODNJU SOLI I ČISTIH HEMIKALIJA" uvrstimo u **ново техничко унапређење M82**, a u skladu sa Pravilnikom o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača (Sl. Glasnik RS, br. 38/2008).

Директор IRM-a Bor
Vlastimir Trujić
Prof. Dr Vlastimir Trujić, dipl. ing met.



INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR

19210 Bor, Zeleni bulevar 35

Tel: (030) 436-826; faks: (030) 435-175; E-mail: institut@irmbor.co.rs



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР НАУЧНО ВЕЋЕ Број: V/3.9. Од 10.01.2012. године

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.38/2008), Научно веће је на V-ој седници одржаној дана 10.01.2012. године донело:

ОДЛУКУ о прихватању техничког решења

I

На основу покренутог поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом „*Нова производна линија флексибилног постројења за производњу соли и чистих хемикалија*“ и мишљења рецензентата и корисника о наведеном техничком решењу, Научно веће је донело Одлуку о прихватању наведеног техничког решења.

ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА

**Др Миленко Љубојев, дипл.инж.руд.
Научни саветник**