

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

proeqtis dasaxeleba:

„საარმატურე ფოლადის ხარისხის გაუმჯობესების ტექნოლოგიის შემუშავება წარმოების ნარჩენებიდან მიღებული ბარიუმისანი კომპლექსური შენადნობის გამოყენებით“

mimarTuleba:

შავი ლითონების მეტალურგია (# 50)

2013 (ოქტომბერი, ნოემბერი, დეკემბერი) და
2014 (იანვარი, თებერვალი, მარტი, აპრილი, მაისი) წლების
№ 38 გრანტის
დასკვნითი ანგარიში

proeqtis xelmZRvaneli: პროფ. ომარ მიქაძე _____

Tbilisi - 2014

სარჩევი:

		გვერდი
I	შესრულებული სამუშაოს აღწერა	3
1.	შესავალი. კომპლექსური შენადნობების მიღების მეთოდების მიმოხილვა	3
2.	მეტალურგიული სამთო- გამამდიდრებელი და ქიმიური მრეწველობის ზოგიერთი ნარჩენების იდენტიფიკაცია და ბარიუმის კომპლექსური შენადნობების მისაღები საკაზმე მასალების შერჩევა	4
3.	ოპტიმალური კაზმების დადგენა	5
4.	კაზმების თბოფიზიკური პარამეტრების დადგენა	6
5.	კაზმების დიფერენციალურ- თერმული ანალიზი	9
6.	ბარიუმის კომპლექსური შენადნობების მიღება ლაბორატორიულ პირობებში	13
7.	ბარიუმის კომპლექსური შენადნობების მიღება ნახევრად სამრეწველო პირობებში	16
8.	თხევადი ფოლადის ღუმელსგარე დამუშავების მეთოდების მიმოხილვა	17
9.	კომპლექსური შენადნობებით თხევადი ფოლადის დამუშავების თერმოდინამიკური ანალიზი	18
10.	თხევად რკინაში ბარიუმის კომპლექსური შენადნობების ძირითადი კომპონენტების დიფუზიის კოეფიციენტების დადგენა	19
11.	თხევადი ფოლადის ბარიუმის კომპლექსური შენადნობების დამუშავების ლაბორატორიული ექსპერიმენტები	22
12.	თხევადი ფოლადის ბარიუმის კომპლექსური შენადნობების დამუშავების ნახევრად საწარმოო ექსპერიმენტები	23
13.	ბარიუმის კომპლექსური შენადნობებით თხევადი ფოლადის ღუმელს გარე დამუშავების ტექნოლოგიის სარეკომენდაციო ინსტრუქციის შედგენა	24
14.	დამუშავებული ფოლადის მექანიკური მახსიათებლების შეფასება	25
15.	ბარიუმის კომპლექსური შენადნობების მიღების და თხევადი ფოლადის ღუმელს გარე დამუშავების კომპლექსური ტექნოლოგიური სქემა	26
16.	ბარიუმის კომპლექსური შენადნობებით თხევადი ფოლადის ღუმელს გარე დამუშავების ტექნოლოგიის სარეკომენდაციო ინსტრუქციის შედგენა	26
17.	დასკვნითი ანგარიშის შედგენა	28
	ლიტერატურა	28
II	გრანტის სახსრებით შეძენილი მცირეფასიანი საგნებისა და ძირითადი საშუალებების ნუსხა	28

I. შესრულებული სამუშაოს აღწერა

1. შესავალი. კომპლექსური შენადნობების მიღების მეთოდების მიმოხილვა

კომპლექსური შენადნობები ფართოდ გამოიყენება ფოლადის წარმოებაში. ცნობილია კომპლექსური შენადნობების მიღების შემდეგი მეთოდები:

კომპლექსური შენადნობების მიღება სუფთა ლითონების შელღობით, ოქსიდური ნაერთების, მადნების კარბოთერმული და ლითონთერმული აღდგენით.

სუფთა ლითონების შელღობით კომპლექსური შენადნობების მისაღებად ხშირად გამოიყენება აგრეთვე ფეროშენადნობები როგორცაა: ფეროსილიციუმი, სილიკომანგანუმი, ფეროტიტანი, სილიკოკალციუმი და სხვა. მიღების ეს პროცესი მოითხოვს დიდ ეკონომიკურ დანახარჯებს, რაც განპირობებულია საწყისი მასალების სიძვირით და მაღალი ენერგოტევადობით.

კომპლექსური შენადნობების მიღების მეორე მეთოდი ერთ საფეხურიან ტექნოლოგიას წარმოადგენს. შენადნობი მიიღება მანგანუმის, სილიციუმის ბარიუმის ოქსიდებისა და შესაბამისი მადნის კონცენტრატებისაგან კარბოთერმული მეთოდით ელექტრორკალურ ღუმელში.

კომპლექსური შენადნობების მიღების მესამე მეთოდი ითვალისწინებს შენადნობის მიღებას ლითონური აღმდგენლის გამოყენებით. ლითონურ აღმდგენლად ძირითადად გამოყენებულია ალუმინი ან სილიციუმი. დღეისათვის ამ მეთოდით მიღებულია მარავლკოპონენტიანი შენადნობები და ლიგატურები.

როგორც ავლნიშნეთ კომპლექსური შენადნობის მისაღებად გამოყენებულია მადნის კონცენტრატები, ლითონური ოქსიდები და სუფთა ლითონები, მაგრამ ნაკლებად არის შეწავლილი სამრეწველო ნარჩენების გამოყენებით კომპლექსური შენადნობების მიღების ტექნოლოგიები .

ამ ეტაპზე სამუშაოს მიზანია შეწავლილ იქნას მეტალურგიული, ქიმიური, სამთო გამამდიდრებელი საწარმოების ნარჩენების გადამუშავების შესაძლებლობები და გადამუშავების ტექნოლოგიური თავისებურებანი.

2. მეტალურგიული, სამთო– გამამდიდრებელი და ქიმიური მრეწველობის ზოგიერთი ნარჩენების იდენტიფიკაცია და

ბარიუმიანი კომპლექსური შენადნობების მისაღები საკაზმე მასალების შერჩევა

რუსთავის მეტალურგიული, ქიმიური, ზესტაფონის ფეროშენადნობთა, მადნეულის სამთო-გამამდიდრებელი საწარმოების ტექნოლოგიური პროცესის ნარჩენების იდენტიფიკაციით დადგინდა, რომ ამ ნარჩენების მეტალურგიული გადამუშავებით შესაძლებელია ბარიუმიანი კომპლექსური შენადნობების მიღება. ჩვენს მიერ შერჩეულ იქნა შემდეგი მასალები:

- ბარიუმის შემცველ საკაზმე მასალად მადნეულის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის ბარიტული მადნის გამდიდრების კუდები, ქიმიური შედგენილობით მას. %:

<i>BaSO₄</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>CaO</i>	<i>Sr</i>	<i>SiO₂</i>
8-17	≤1,7	≤4,5	≤0.008	დანარჩენი

- მანგანუმის შემცველ საკაზმე მასალად რუსთავის ს.ს. „აზოტის“ მანგანუმის IV ოქსიდის წარმოების შლამი ქიმიური შედგენილობით მას. %:

<i>Mn</i> საერთო	<i>MnO₂</i>	<i>SiO₂</i>	<i>CaO</i>	<i>Ni</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>Al₂O₃</i>	დანარჩენი
21-28	3, 5-5,7	18- 22	≤5	≤0.2	≤ 4	≤0,4	დ/გ*

*- დ/გ - დანაკარგები გამოწვისას

- ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის ფერომანგანუმის მტვერი, ქიმიური შედგენილობით მას. %:

<i>Mn</i> საერთო	<i>MnO₂</i>	<i>SiO₂</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>P</i>	<i>H₂O</i>
40-42	≤18,7	8-12	≤0.9	≤0,5	≤2,8	≤7,0	≤0,20	დანარჩენი

- ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის სილიკომანგანუმის წარმოების გრანულირებული წიდა, ქიმიური შედგენილობით მას. %:

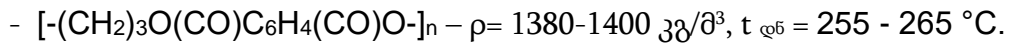
<i>Mn</i> საერთო	<i>SiO₂</i>	<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>Fe₂O₃</i>	<i>Al₂O₃</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	დანარჩენი
15-16	49-51	11-12	3-3,8	≤1,7	≤7, 4	≤0,22	≤5,2	დ/გ

- აღმდგენლად მეორადი ალუმინის წარმოების ბურბუშელას ანაცერი ქიმიური შედგენილობით მას. %:

<i>Al</i>	<i>Mn</i>	<i>Si</i>	<i>Zn</i>	<i>Mg</i>	<i>Pb</i>	<i>Ni</i>	<i>Cu</i>	<i>Cr</i>	<i>Fe</i>
19-55	0,3	2-7	0,7-2,8	0,3-0,5	0,8-1,9	0,7-1,4	0,4-0,7	1,0-1,1	დანარჩენი

შემკვრელად და ნაწილობრივ აღმდგენლად გამოყენებულია პლასტიკური ფართო მოხმარების ბოთლები, რომლებსაც ამზადებენ პოლიეთილენტერეფტალატისგან (PET), ანუ PET-ბოთლები.

პოლიეთილენტერეფტალატი:



ფლუსად შევარჩიეთ ახლად გამომწვარი დოლომიტის ანაცერი: ქიმიური შედგენილობით, მას. %:

გამომწვარი დოლომიტის ანაცერი ქიმიური შედგენილობით, მას. %:

<i>CaO</i>	<i>MgO</i>	<i>SiO₂</i>	<i>დანარჩენი</i>
≤56	≤38	≤2	დ/გ

3. ოპტიმალური კაზმების დადგენა

ბარიუმისანი კოპლექსური შენადნობების მისაღებად ჩვენ მიერ შერჩეულ და შემუშავებულ იქნა შენადნობის მისაღები კაზმების 3 ვარიანტი.

შემუშავებული კაზმების შედგენილობები მოცემულია 1-ელ ცხრილში

ცხრილი 1.

№	კომპონენტების დასახელება	რაოდენობა, მას. %		
		I	II	III
1.	მადნეულის სამთო – გამამდიდრებელი კომბინატის ბარიტული მადნის გამდიდრების კუდები	35	30	25
2.	რუსთავის ს.ს. „აზოტის“ მანგანუმის IV ოქსიდის წარმოების შლამი	–	20	–
3.	ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის ფერომანგანუმის წარმოების მტვერი	–	–	20
4.	ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის სილიკომანგანუმის გრანული წიდა	–	–	15
5.	მეორადი ალუმინის წარმოების ბურბუმელას ანაცერი	დან.	დან.	დან.
6.	ახლადგამომწვარი დოლომიტის ანაცერი	10	10	10
7.	პოლიეთილენის გამოყენებული ბოთლები	15	15	15

შენიშვნა: შემკვრელი პოლიეთილენის გამოყენებული ბოთლების მასალა აღებულია კაზმის შედგენილობის ჯამის 100% –ზე ზემოთ.

4. კაზმების თბოფიზიკური პარამეტრების დადგენა

შემოთავაზებული კაზმების გადამუშავების ტექნოლოგიური პროცესის შემუშავებისათვის აუცილებელია კაზმების თბური მახასიათებლების დადგენა.

შესწავლილ იქნა ისეთი თბოფიზიკური მახასიათებლები, როგორცაა: საშუალო თბოტევადობა (C_p), ტემპერატურაგამტარობის კოეფიციენტი (a) და თბოგამტარობის კოეფიციენტი (λ).

საშუალო თბოტევადობა განისაზღვრა ტემპერატურული ცვლილების ფართო დიაპაზონში კალორიმეტრული მეთოდით. თბოტევადობის მნიშვნელობა გამოთვლილ იქნა შემდეგი ფორმულით:

$$C_p = [A(T_{საბ.} - T_0) + q] / m.(T - T_{საბ.}) \quad (1)$$

სადაც : T_0 და $T_{საბ.}$ – კალორიმეტრიული სისტემის საწყისი და საბოლოო ტემპერატურაა, K;

T - გარკვეული მასის ნიმუშის ტემპერატურაა, K

A - კალორიმეტრის მაჩვენებელია და განისაზღვრება მაგრადუირებელი ცდებით, კჯ/K,

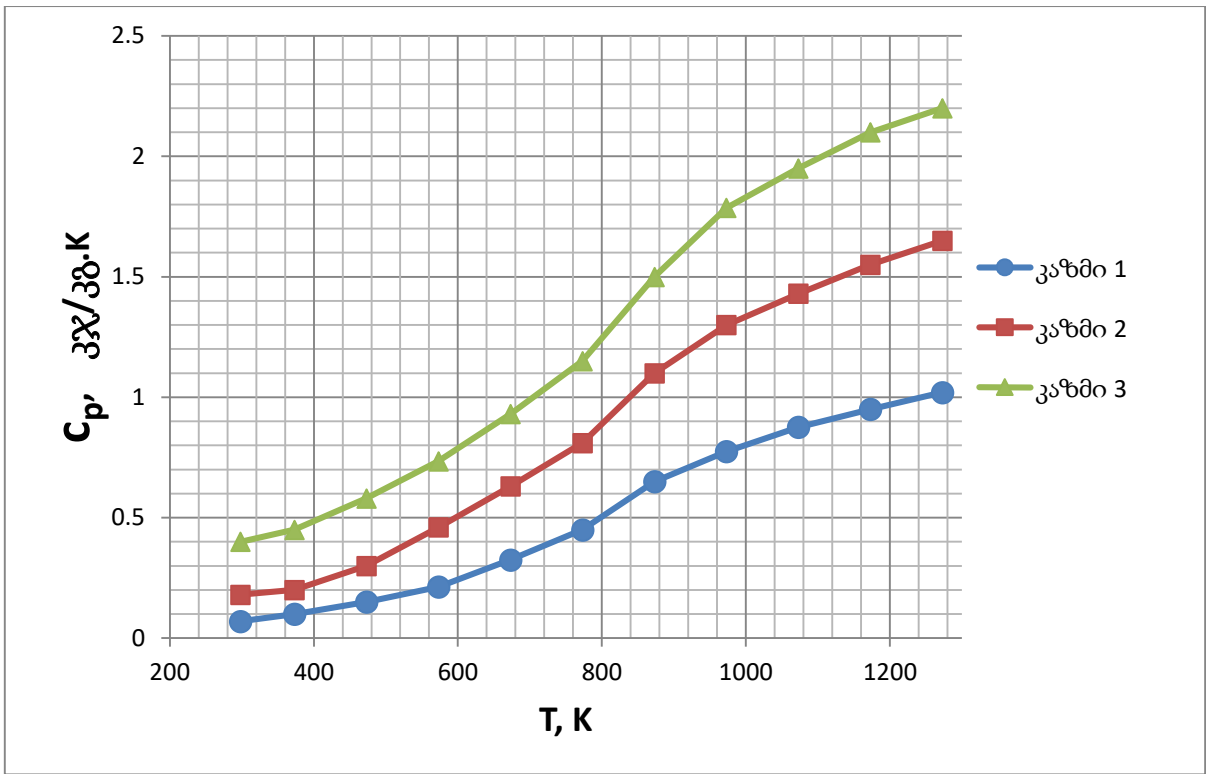
q - თბური კარგვებია, კალორიმეტრულ სისტემასა და გარემოს შორის, ჯ;

m - გამოსაკვლევი ნიმუშის მასაა, კგ.

საშუალო თბოტევადობის განსაზღვრისათვის ექპერიმენტულად იზომებოდა m მასის ნიმუშისათვის T , T_0 და $T_{საბ.}$ ტემპერატურები.

ყველა გაზომვები ტარდებოდა Pt-PtRh ტიპის კონტაქტური თერმოწყვილის საშუალებით ავტომატურ ჩამწერზე.

შემოთავაზებული კაზმების თბოტევადობის ტემპერატურული დამოკიდებულება მოცემულია 1-ელ ნახაზზე.



ნახ.1. კაზმების თბოტევადობის ტემპერატურული დამოკიდებულება

კაზმების ტემპერატურაგამტარობის კოეფიციენტი შესწავლილი იყო ხურების მონოტონურ რეჟიმში.

ტემპერატურაგამტარობის კოეფიციენტის გამოსათვლელ ფორმულას აქვს შემდეგი სახე:

$$a = \frac{vR^2(1+\sigma\Delta T)}{n\Delta T} = \frac{R^2(1+\sigma\Delta\tau)}{n\Delta\tau} \quad (2)$$

სადაც: a –ნიმუშის ტემპერატურა გამტარობის კოეფიციენტი, მ²/წმ;

V –ნიმუშის ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარეა, K/წმ;

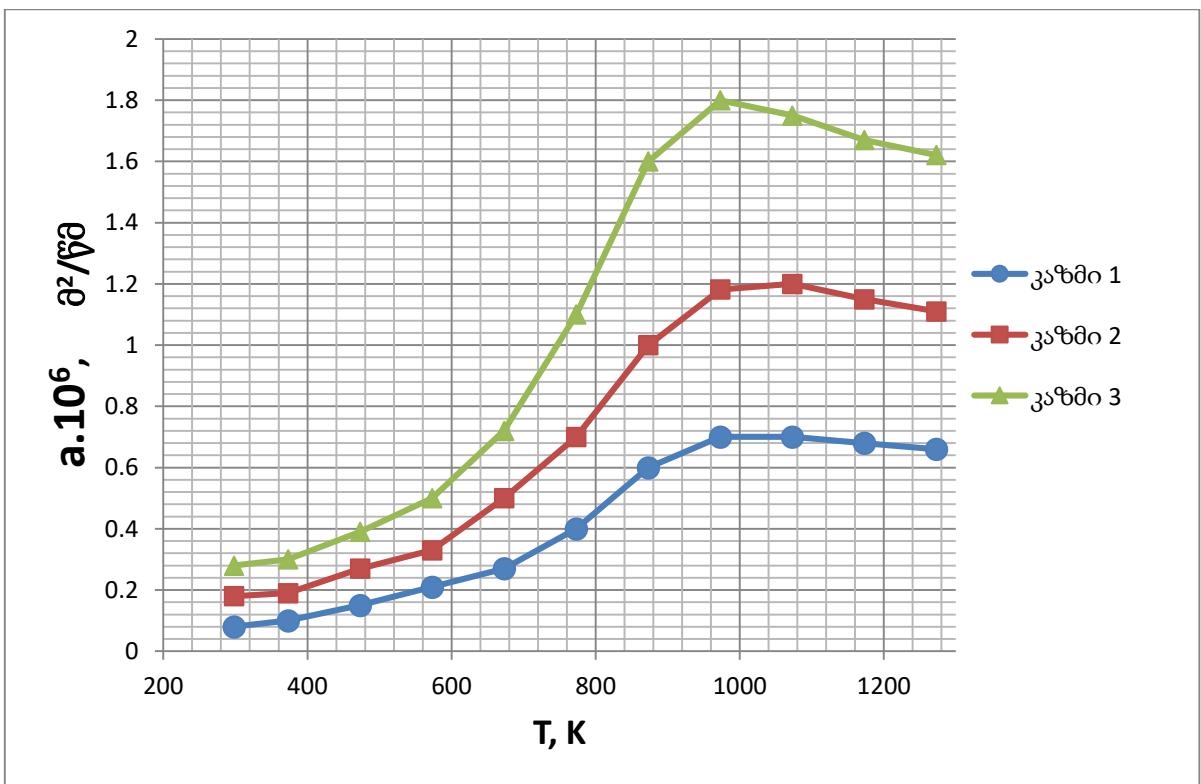
R –ნიმუშის ტემპერატურის გაზომვის წერტილსა და საწყის კოორდინატს შორის მანძილია,მ;

$\Delta\tau$ –ნიმუშის ზედაპირსა და ცენტრს შორის ტეპერეტურის შეშფოთების (დაგვიანების) დროა,წმ;

n –ნიმუშის ფორმის ფაქტორია, ფირფიტისათვის,ცილინდრისათვის და სფეროსათვის სათანადოთ შეადგენს $n= 2; 4; 6$.

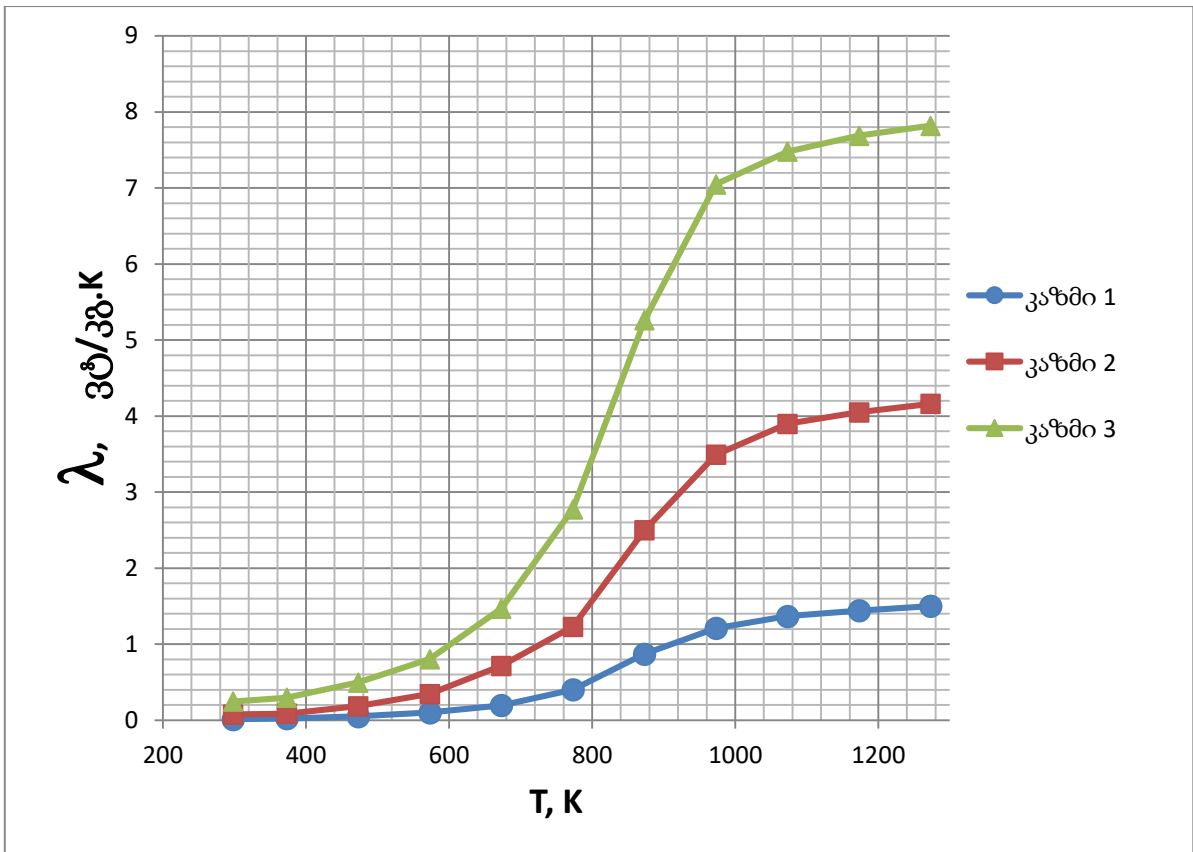
ΔT – ტემპერატურის ვარდნაა ნიმუშის ზედაპირსა და ცენტრს შორის,
 K ;
 $\sigma \Delta T$ და $\sigma \Delta \tau$ –შესწორებებია, რომელიც ითვალისწინებს
 ტემპერატურის ცვლილების არაწრფივ გავრცელების კანონს დროის
 მიხედვით.

კაზმების ტემპერატურაგამტარობის კოეფიციენტის ტემპერატურული
 დამოკიდებულება მოცემულია მე-2 ნახაზზე.



ნახ. 2. კაზმების ტემპერატურაგამტარობის კოეფიციენტის ტემპერატურული
 დამოკიდებულება

თბოტევადობის და ტემპერატურაგამტარობის კოეფიციენტების
 ექსპერიმენტალური მონაცემების საფუძველზე გამოთვლილ იქნა
 შემოთავაზებული კაზმების თბოგამტარობის კოეფიციენტის მნიშვნელობები.
 თბოგამტარობის ტემპერატურული დამოკიდებულება მოცემულია მე-3 ნახაზზე.



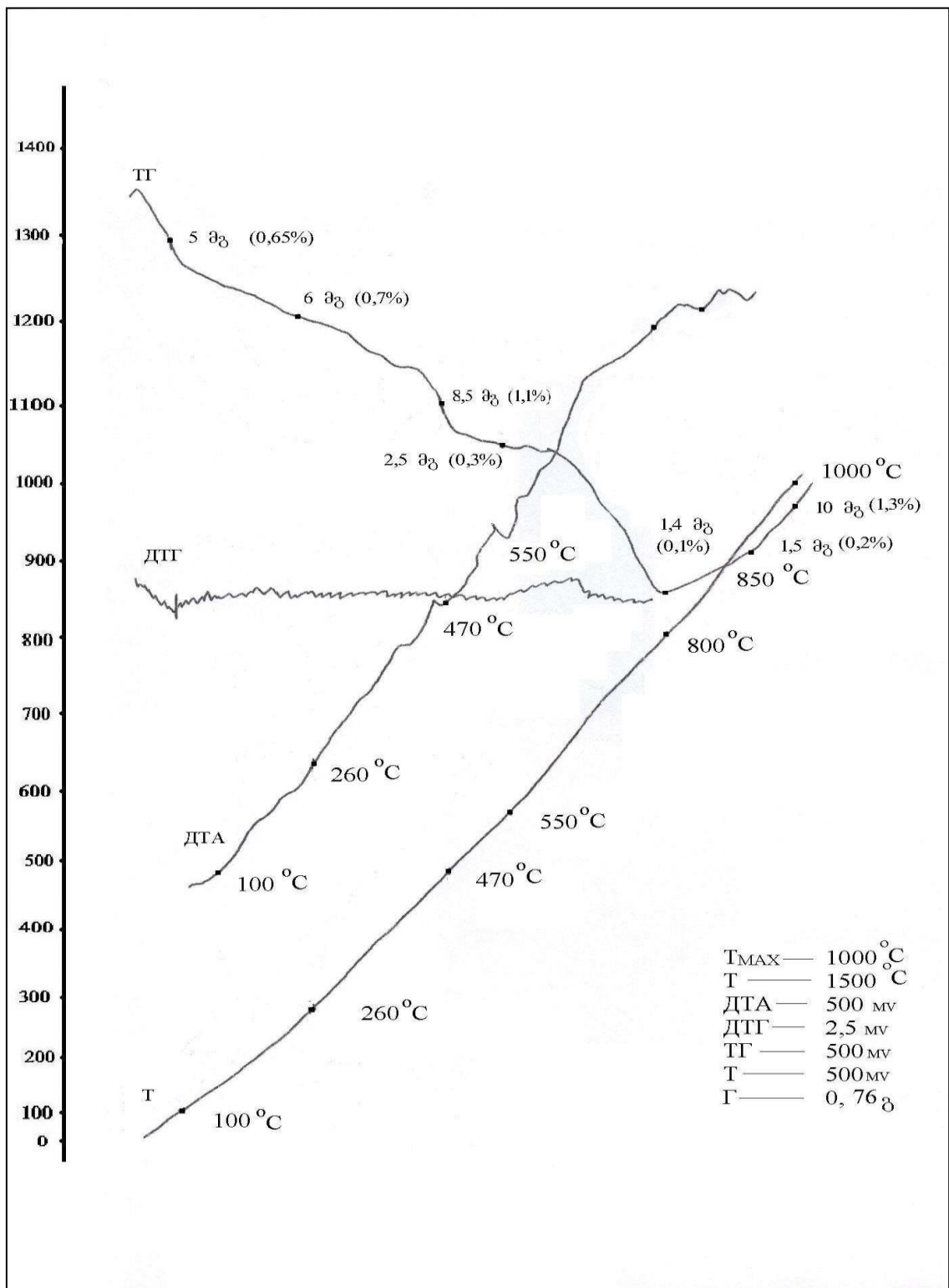
ნახ.3. კაზმების თბოგამტარობის კოეფიციენტის ტემპერატურული დამოკიდებულება

5. კაზმების დიფერენციალურ- თერმული ანალიზი

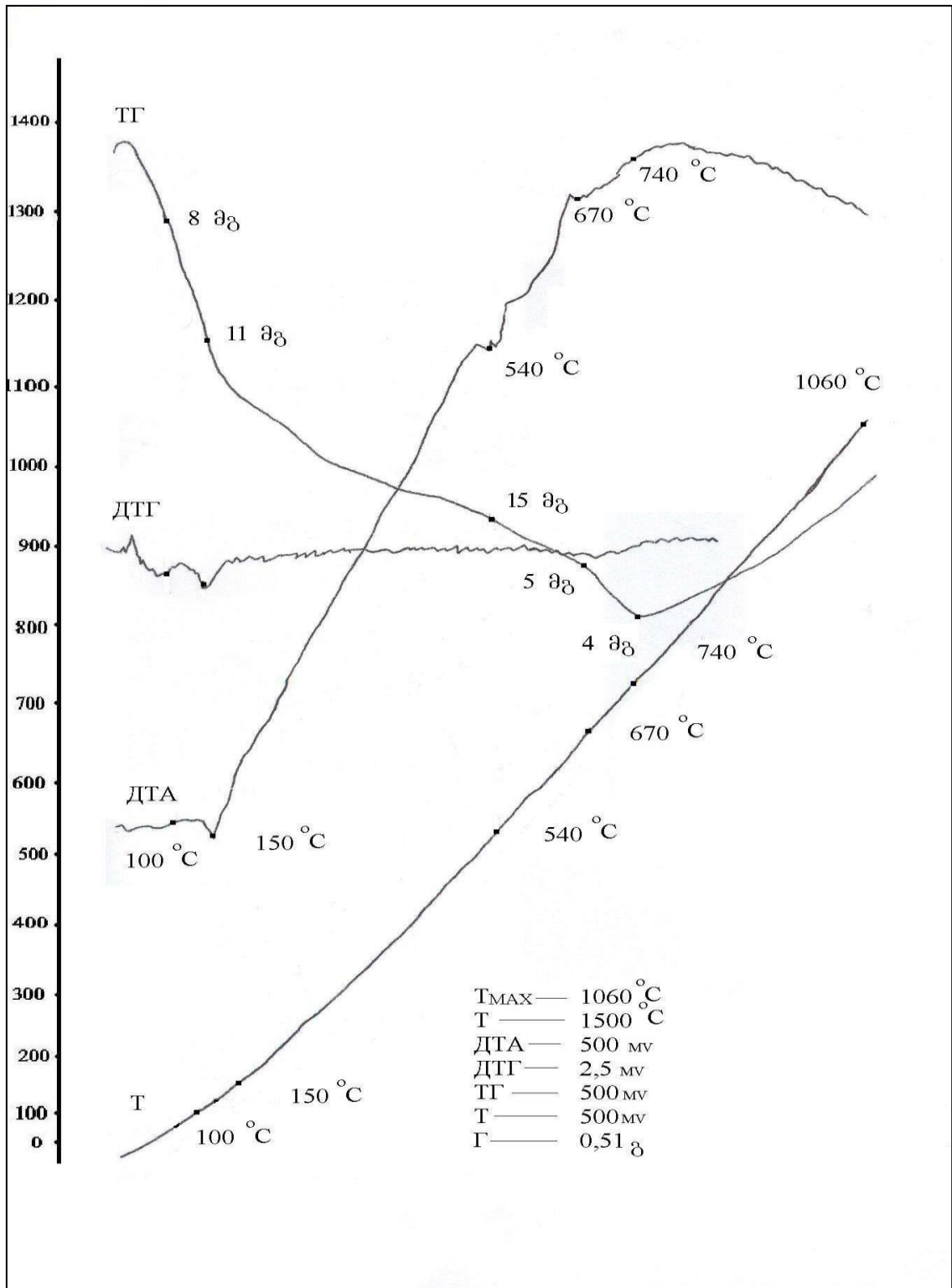
ექსპერიმენტები ტარდებოდა MOM (Q1500) ტიპის დერივატოგრაფზე. საკვლევი ნიმუში თავსდებოდა კორუნდის ტიგელში.

ეტალონად აღებული იყო წინასწარ 1500°C-გამომწვარი ალუმინის III-ოქსიდი (Al_2O_3), ღუმელის გახურების სიჩქარე შეადგენდა 7,5°C წუთში, ექსპერიმენტები ტარდებოდა ჰაერზე.

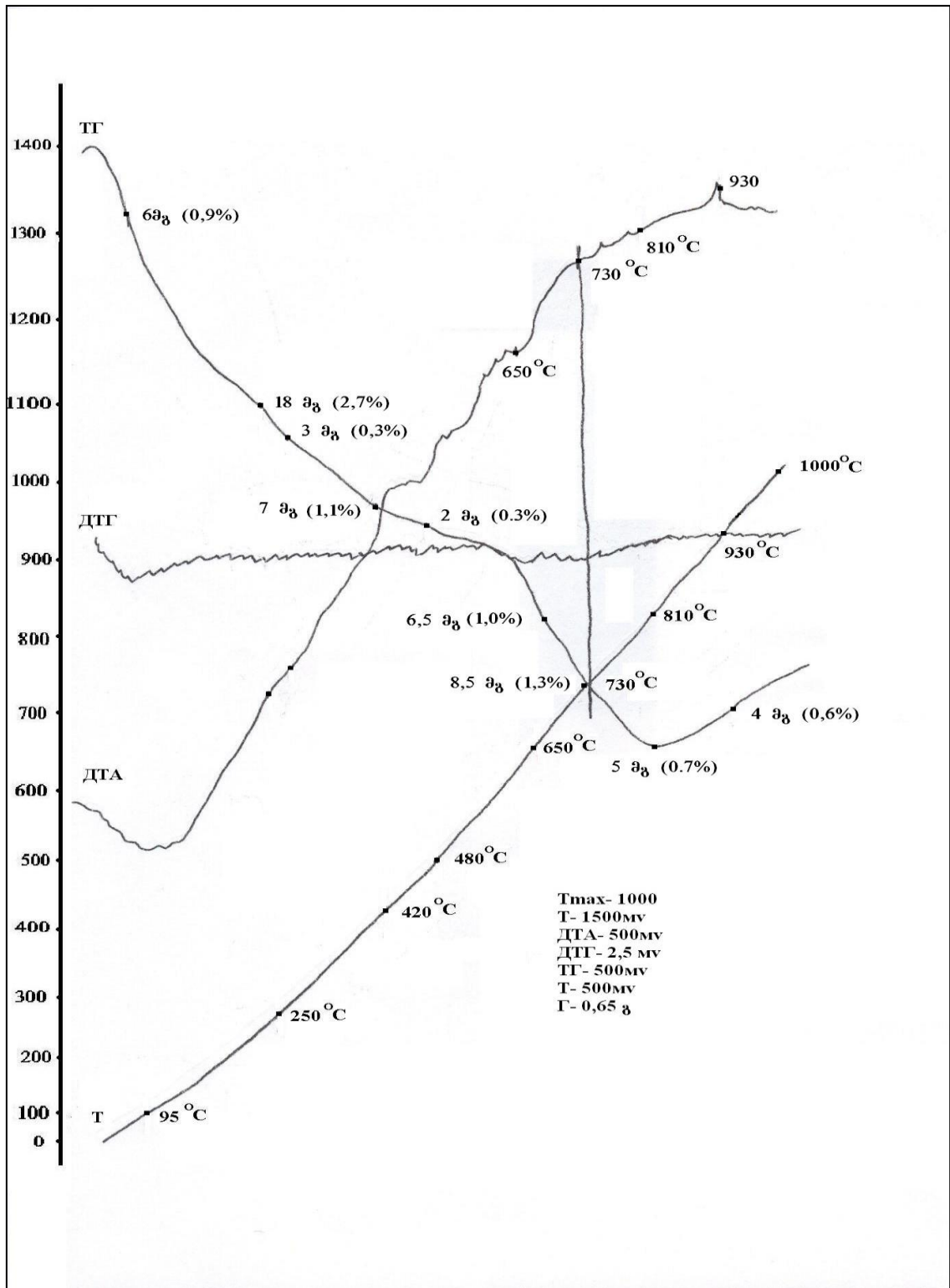
ექსპერიმენტების შედეგები მოცემულია მე-4, 5 და 6 სურათებზე.



ნახ. 4. 1-ელი შედგენილობის კაზმის დერივატოგრამა



ნახ. 5 . მე-2 შედგენილობის კაზმის დერივატოგრამა



ნახ. 6 . მე-3 შედგენილობის კაზმის დერივატოგრაფა

დერივატოგრამებზე აღნიშნული წონის დანაკარგი 260 °C–ზე გამოწვეულია საკაზმე მასალებიდან ტენის აორთქლებითა და შემკვრელის პოლიეთილენის მასალის, კემოდ პოლიეთილენის ბოთლების გაღობისა და მისი დაშლისას აირადი კომპონენტების გამოყოფით. 550 °C გამოსახული ეგზოთერმული პიკი მიუთითებს კაზმში არსებული Mg–ის და პოლიეთილენის ბოთლებში შემავალი წყალბადისა და ნახშირბადის ურთიერთქმედებით კაზმში არსებულ ოქსიდებთან. შემდეგი ეგზოთერმული პიკები მიუთითებენ შენადნობის მიღების პროცესის ეგზოთერმულ ხასიათზე.

მიღებული შედეგების ანალიზიდან დგინდება, რომ 100–550 °C – მდე ინტერვალში ადგილი აქვს ტენის აორთქლებას და კაზმში არსებული პოლიეთილენის შემცველი მასალის როგორც ატმოსფერულ ჟანგბადთან, ასევე კაზმში შემავალ ოქსიდებთან ურთიერთქმედებას.

ამრიგად, თბოფიზიკური და დიფერენციალურ თერმული ანალიზის შედეგად დგინდება, რომ შემოთავაზებული კაზმებიდან ბარიუმის შემცველი კოპლექსური შენადნობების მისაღებად აუცილებელია გარედან სითბოს მიწოდება ეგზოთერმული პროცესის ინიცირებისათვის.

6. ბარიუმის კომპლექსური შენადნობების მიღება ლაბორატორიულ პირობებში

შენადნობის მისაღები კაზმის კომპონენტები წარმოადგენენ წვრილ დისპერსიულ ფხვნილოვან მასალას და აუცილებელია მისი დანაჭროვნება. ამიტომ კაზმში შემკვრელად დამატებული იყო პლასტიკური (PET) ბოთლები. შემუშავებული კაზმის შედგენილობა მოცემულია 1-ელ ცხრილში

კაზმის შედგენილობა

#	კომპონენტების დასახელება	შედგენილობა კაზმების მიხედვით, მას. %		
		I	II	III
1.	მადნეულის სამთო-გამამდიდრებელი კომბინატის ბარიტული მადნის გამდიდრების „კუდები“	35	30	25
2.	რუსთავის ს. „აზოტის“ მანგანუმის IV ოქსიდის წარმების შლამი	-	20	-
3.	ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის ფერომანგანუმის წარმების მტვერი	-	-	20
4.	ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის სილიკომანგანუმის გრანულირებული წიდა	-	-	15
5.	მეორადი ალუმინის წარმოების ბურბუმელას ანაცერი	დან.*	დან.*	დან.*
6.	ახლადგამომწვარი დოლომიტის ანაცერი	10	10	10
7.	გამოყენებული პლასტიკური ბოთლების ნაწეკი	15	15	15

შენიშვნა: დან. - დანარჩენი

კაზმში შემკვრელად და ნაწილობრივ აღმდგენლად გამოყენებულია გამოყენებული პლასტიკური საყოფაცხოვრებო ბოთლების (PET) მცირე, 3-5 მმ ზომის ნაჭრები - ნაწეკი. მომზადებული კაზმი იყრებოდა სარეველაში, ხურდებოდა 150–170⁰ C ტემპერატურამდე და ირეოდა 10–15 წუთის განმავლობაში. შემდეგ კაზმი იყრებოდა ფოლადის ფილაზე და იჭრებოდა სასურველ ზომებად.

ლაბორატორიულ პირობებში დნობები ტარდებოდა ელექტროწინალობის ტამანის ღუმელში 1400–1450⁰ C ტემპერატურაზე. ეგზოთერმული რეაქციის დამთავრების შემდეგ თხევადი ლითონი და წიდა ღუმლის სამუშაო სივრცეში ყოვნიდებოდა 7–10 წუთის განმავლობაში, რათა მომხდარიყო ლითონის ქიმიური შედგენილობის გაშუალება და უზრუნველყოფილიყო ლითონისა და წიდის განშრეება. დნობის ტექნოლოგიური პროცესის დამთავრების შემდეგ ვილებდით ლითონისა და წიდის ნიმუშებს ქიმიური ანალიზისათვის. შემდეგ ვილებდით ტიგელს ლითონითა და წიდით და ვაციებდით.

შესწავლილ იქნა კაზმიდან ძირითადი ელემენტების ამოღების ხარისხი, რომელიც გამოთვლილი იქნა ფორმულით:

$$J_{Me} = L_{Me} \cdot G_{Me} \cdot 100 / K_E \cdot F_E \quad (3)$$

- სადაც: J_{Me} – ლითონის ამოღების ხარისხია, %;
- L_{Me} – მიღებულ შენადნობში ელემენტის შემცველობაა, %;
- G_{Me} – ლითონის გამოსავალია, %;
- K_E – ელემენტის შემტანი ინგრედიენტის რაოდენობაა %
- F_E – ელემენტის შემცველობაა ინგრედიენტში, %

აღმდგენლის გამოყენების კოეფიციენტის გაანგარიშებისას გათვალისწინებული იყო აღმდგენლის რაოდენობა, რომელიც იხარჯებოდა ელემენტების აღდგენისათვის, და აღმდგენლის რაოდენობა რომელიც გადავიდა ლითონში.

ლაბორატორიული ექსპერიმენტების დროს მივიღეთ შემდეგი მონაცემები:

- ლითონის გამოსავალი შეადგენდა 30–45 %
- წიდის გამოსავალი 55–48%
- აქროლადები 5–7%

ლაბორატორიულ პირობებში მიღებული შენადნობის ქიმიური

შედგენილობა მოცემულია მე–2 ცხრილში, ხოლო წიდისა კი მე–3 ცხრილში

ცხრილი 2

ბარიუმის კოპლექსური შენადნობის ქიმიური შედგენილობა

№ კაზმი	ლითონის შედგენილობა, მას%						ელემენტების ამოღების ხარისხი, %			Al-ის გამოყენების ხარისხი, %
	<i>Ba</i>	<i>Mn</i>	<i>Si</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	$\Sigma Al, Fe$	<i>Ba</i>	<i>Mn</i>	<i>Si</i>	
I	12,82- 13,22	–	21,25- 22,67	1,28- 1,42	3,54- 2,95	დანარჩენი	98,8	-	87,5	89,5
II	9,25- 9,85	17,25- 18,17	19,12- 20,25	2,45- 2,81	2,98- 3,02	დანარჩენი	85,7	91,8	82,5	90,4
III	8,67- 8,78	29,34- 30,01	15,25- 17,12	2,85- 2,91	2,67- 2,87	დანარჩენი	82,5	95,3	89,3	92,7

შენიშვნა: შენადნობში - C ≤ 0.14, S ≤ 0,003

წილის შედგენილობა

კაზმის №	წილის კომპონენტები, მას%							წილის ფუძიანობა, CaO/SiO_2
	CaO	MnO	MgO	BaO	SiO_2	FeO	Al_2O_3	
I	10,25	-	12,45	3,35	9,8	7,55	დან.	3,43
II	10,85	0,75	13,15	2,85	8,87	6,89	დან.	3,88
III	11,05	0,87	12,32	3,02	9,12	7,28	დან.	3,79

7. ბარიუმის კომპლექსური შენადნობების მიღება ნახევრად საწარმო პირობებში

ნახევრად საწარმო დნობები ტარდებოდა საწარმო პირობების ფიზიკური მოდელის პირობებში, რომლის დროსაც გათვალისწინებული იყო მოდელირების ძირითადი პრინციპები.

დნობები ტარდებოდა გრაფიტის ტიგელიან ინდუქციურ ღუმელში 15 კგ-ის კაზმის პირობებში. დნობის ხანგრძლიობა შეადგენდა 25–30 წუთს. მიღებული ლითონის შედგენილობა მოცემულია მე-4 ცხრილში, ხოლო წილის მე-5 ცხრილში.

ცხრილი 4

ნახევრად საწარმო დნობებისას მიღებული ბარიუმის კომპლექსური
შენადნობის ქიმიური შედგენილობა

კაზმის №	ლითონის შედგენილობა, მას%						ელემენტის ამოღების ხარისხი, %			Al-ის გამოყენების ხარისხი, %
	Ba	Mn	Si	Ca	Mg	$\Sigma Al, Fe$	Ba	Mn	Si	
I	12,91	-	22,67	1,35	3,48	დანარჩენი	90,5	-	85,5	90,8
II	9,48	17,75	19,67	2,61	2,92	დანარჩენი	92,7	93,7	87,2	91,7
III	8,25	29,97	16,28	3,07	2,77	დანარჩენი	95,2	94,3	86,7	92,2

ნახევრად საწარმოო დნობებისას მიღებული ბარიუმის კოპლექსური
შენადნობის წილის ქიმიური შედგენილობა

კაზმის №	წილის კომპონენტები, მას%							წილის ფუძიანობა, CaO/SiO_2
	CaO	MnO	MgO	BaO	SiO_2	FeO	Al_2O_3	
I	9,45	–	12,87	4,42	10,22	7,20	დანარჩენი	3,31
II	10,02	0,82	13,45	3,52	11,21	8,87	დანარჩენი	3,17
III	10,87	0,91	13,95	3,94	11,04	7,78	დანარჩენი	3,39

8. თხევადი ფოლადის ლუმელსგარე დამუშავების მეთოდების მიმოხილვა

თხევადი ფოლადის ლუმელსგარე დამუშავების მეთოდებია: ციციხეში ინერტული აირების შებერვა ან ინერტულ აირებთან ერთად მყარი რეაგენტების შეყვანა, ვაკუუმირება, წილებით დამუშავება და სხვა.

თხევადი ფოლადის წილებით დამუშავებისას გამოიყენება წილები, რომლის შემადგენლობაში შედის მრავალი კომპონენტი და დღეისათვის კომპონენტთა რიცხვი 12 აღემატება, თუმცა შესაძლებელია კომპონენტთა რიცხვის გაზრდა. მართალია, სინთეზური წილებით დამუშავებისას მიიღწევა რაფინირების მაღალი მაჩვენებლები, მაგრამ მის შემადგენლობაში შედის ტოქსიკური ნაერთები როგორცაა: CaF_2 , $CaCN_2$, La_2CO_3 და სხვა.

მავთულის ან ლენტის სახით შენადნობის თხევად ფოლადში შეტანა მოითხოვს სპეციალური დანადგარის არსებობას და რთული ტექნოლოგიური პროცესია.

ფოლადის ხარისხის გასაუმჯობესებლად ასევე იყენებენ დეგაზაციას, რომელიც ითვალისწინებს ვაკუუმურ საკანში თხევადი ფოლადის ციციხვიდან ციციხეში გადასხმას. ფოლადის ლუმელსგარე დამუშავების ხერხებიდან მარტივი და ფართოდ გავრცელებულია ციციხეში მყარი ნაჭროვანი ფეროშენადნობებით განჟანგვა, ლეგირება და მოდიფიცირება. მიუხედავად მეთოდის სიმარტივისა ძირითადად გამოიყენება ძვირად ღირებული კომპონენტები და საბოლოო პროდუქცია ძვირდება, ამიტომ აქტუალურია ისეთი შენადნობის გამოყენება,

რომელიც იქნება შედარებით იაფი. ასეთი შენადნობი კი არის ნარჩენების გამოყენებით მიღებული კოპლექსური შენადნობი, რომელიც ჩვენ მიერ იქნა მიღებული.

9. კომპლექსური შენადნობებით თხევადი ფოლადის დამუშავების თერმოდინამიკური ანალიზი

განჯანგვის პროცესის თერმოდინამიკური გათვლები ჩატარდა რკინის დედა ხსნარში, სისტემისათვის *Fe-C-O-Mn-Al-Si-Ba-Ca-Mg-P-S*, შემდეგი პირობების გათვალისწინებით:

- ტემპერატურა 1873 K ,
- წნევა 1 ბარი, და
- $1,56 \cdot 10^{-12}$ – $1,578 \cdot 10^{-3}$ დმ³ ფარგლებში.

გათვლები ჩატარდა SOLGASMIX- ის მოდერნიზირებული პროგრამით.

გათვლების შედეგები მოცემულია მე-6 ცხრილში.

ჩატარებულმა თერმოდინამიკურმა გათვლებმა გვიჩვენა, რომ თხევადი ფოლადის მრავალკომპონენტური შენადნობით დამუშავებისას მიიღწევა განჯანგვის და დესულფურაციის მაღალი მაჩვენებლები, რაც განაპირობებს დამუშავებული ფოლადის მაღალ ხარისხს.

ცხრილი 6

თხევადი ფოლადის განჯანგვის პროცესის თერმოდინამიკური გათვლები

თხევადი ლითონის კომპონენტები	აქტივობები თხევადი ლითონის დამუშავების შემდეგ	წარმოქმნილი კომპონენტები	წარმოქმნილი კომპონენტების აქტივობები
<i>Al</i>	$1,021 \cdot 10^{-4}$	<i>FeO</i>	$2,17 \cdot 10^{-5}$
<i>Si</i>	$3,122 \cdot 10^{-5}$	<i>Al₂O₃</i>	$1,28 \cdot 10^{-3}$
<i>Mn</i>	$3,15 \cdot 10^{-3}$	<i>SiO₂</i>	$4,47 \cdot 10^{-7}$
<i>O</i>	$2,321 \cdot 10^{-5}$	<i>MnO</i>	$7 43 \cdot 10^{-5}$
<i>S</i>	$1,125 \cdot 10^{-9}$	<i>CaS</i>	$8, 27 \cdot 10^{-5}$
<i>P</i>	$4,25 \cdot 10^{-9}$	<i>FeS</i>	$3,91 \cdot 10^{-3}$
<i>Ca</i>	$1,15 \cdot 10^{-6}$	<i>MnS</i>	$2,75 \cdot 10^{-3}$
<i>Mg</i>	$1, 23 \cdot 10^{-6}$	<i>CaO</i>	$1,08 \cdot 10^{-2}$
<i>Ba</i>	$4,34 \cdot 10^{-6}$	<i>2CaO.2SiO₂</i>	$1,17 \cdot 10^{-6}$

პროცესის თერმოდინამიკური მახასიათებლები:

<i>პარამეტრი</i>	<i>მნიშვნელობა</i>
ΔH , კჯ	1187,02
ΔS , კჯ ⁻¹	1341,81
ΔG , კჯ	- 774,47

10. თხევად რკინაში ბარიუმიანი კოპლექსური შენადნობის ძირითადი კოპონენტების დიფუზიის კოეფიციენტების დადგენა.

თხევადი ფოლადის განჟანგვის პროცესის შეწავლის დროს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ლითონის ნადნობში განმჟანგველი ელემენტების დიფუზიის კოეფიციენტების და ელემენტების დიფუზიის აქტივაციის ენერგიას.

დიფუზიის კოეფიციენტს მიეძღვნა აინშტაინის ბროუნის მოძრაობის საფუძვლების გამოყენებით დამუშავებული დიფუზიის კოეფიციენტის ახსნის თეორია, მაგრამ თეორია არ ითვალისწინებდა დიფუნდირებადი ნაწილაკების გადაადგილების მექანიზმს.

ი. ფრენკელის თეორია, სითხეებში აირის ხვრელებში რომლის ხაზოვანი ზომები ახლოსაა დიფუნდირებადი ატომების ზომებთან და დიფუზიის კოეფიციენტის ტემპერატურული დამოკიდებულება აღიწერება განტოლებით:

$$D = D_0 \exp(-E/RT) \quad (4)$$

სადაც: E – დიფუზიის აქტივაციის ენერგიაა, ჯ/მოლი;
 R –აირებისა და სითხეების უნივერსალური მუდმივა;
 T – ტემპერატურა, K.

ნაწილაკების დიფუზია ლიმიტირებულია გარემოთი. ამ მოსაზრებიდან გამომდინარე ნაწილაკების დიფუზიური გადაადგილების ალბათობა (W) აღიწერება პ. კობეკოს ფორმულით :

$$W = \beta_0 e^{E/RT} \quad (5)$$

სადაც: β_0 – ატომების რხევის სიხშირეა წონასწორობის მახლობლობაში, წმ⁻¹.

თხევად რკინაში ბარიაუმის კოპლექსური შენადნობის ძირითადი კომპონენტების დიფუზიის კოეფიციენტების ექსპერიმენტალური განსაზღვრა ჩატარდა ალუნდის სინჯარაში დიამეტრით 7 მმ, რომელიც თავსდებოდა შედარებით დიდი მოცულობის ალუნდის ტიგელში, რომელშიც იყო დიდი რაოდენობის ლითონი(800–900 გრ), უზრუნველყოფილი იყო სინჯარაში და ტიგელში ლითონის თანაბარი ტემპერატურა და გამოირიცხებოდა ექსპერიმენტების დროს ლითონის შენჯღრევა.

სადიფუზიო არედ გამოყენებული იყო წყალბადით აღდგენილი რკინა 50% და 50% არმკო– რკინის ნარევი ჟანგბადის შემცველობით შეადგენდა 0, 005–0,020% ბარიაუმის კოპლექსური შენადნობი სპილენძის მავთულით ჩამოკიდებული იყო სინჯარის ზემოთ. სინჯარა თავსდებოდა ტიგელში, რომელშიც იყო გამდნარი რკინა, როდესაც სინჯარაში რკინა გადნებოდა შენადნობი სინჯარაში მოთავსებულ რკინის ზედაპირს მიეწოდებოდა . 90 წთ. დაყოვნების შემდეგ სინჯარას ვიღებდით ტიგელიდან და წყალში სწრაფად ვაციებდით. მიღებული სხმულიდან ვაკეთებდით გრძელ მიკრო შლიფს, სპექტრალური მეთოდით განისაზღვრებოდა ელემენტების განაწილება მიკროშლიფში.

ექსპერიმენტები ტარდებოდა 1823–1923 K ტემპერატურულ ინტერვალში.

მიღებული შედეგები დამუშავებული იქნა მათემატიკურად უმცირეს რიცხვთა კვადრატის მეთოდით. ასევე გამოთვლილ იქნა დიფუზიის აქტივაციის ენერგია და დიფუზიური გადაადგილების ალბათობა. შედარების მიზნით ასევე გაკეთდა ძირითადი ელემენტების შელხობით მიღებული იგივე შედგენილობის კოპლექსური შენადნობის შემთხვევაში შედარებისათვის.,

ექსპონენციალური მამრავლის (D₀), აქტივაციის ენერგიის და დიფუზიური გადაადგილების ალბათობის (W) მნიშვნელობები, 1823–1923 K ტემპერატურულ ინტერვალში მოცემულია მე-7 და მე-8 ცხრილებში.

ცხრილი 7

ექსპონენციალური მამრავლის (D_0), აქტივაციის ენერჯის და დიფუზიური გადაადგილების ალბათობის (W) მნიშვნელობები მეორე და მესამე კაზმებიდან მიღებული შენადნობისათვის

ელემენტი	D_0 , წ/წმ	E , ჯ/მოლი	n	S	R	W , წ/წმ
<i>Al</i>	$24,987 \cdot 10^{-3}$	-279380	5	1,12	0,85	$(10,04-4,27) \cdot 10^{-6}$
<i>Mn</i>	$3,781 \cdot 10^{-3}$	-169271	5	1,02	0,81	$(5,97-2,82) \cdot 10^{-8}$
<i>Si</i>	$5,81 \cdot 10^{-3}$	-320862	5	0,91	0,92	$(1,35-1,78) \cdot 10^{-5}$
<i>Ba</i>	$7,91 \cdot 10^{-3}$	-440761	5	0,85	0,93	$(2,78-1,67) \cdot 10^{-6}$

ცხრილი 8

ექსპონენციალური მამრავლის (D_0), აქტივაციის ენერჯის და დიფუზიური გადაადგილების ალბათობის (W) მნიშვნელობები პირველი კაზმებიდან მიღებული შენადნობისათვის

ელემენტი	D_0 , წ/წმ	E , ჯ/მოლი	n	S	R	W , წ/წმ
<i>Al</i>	$25,81 \cdot 10^{-3}$	-280108	5	1,45	0,87	$(9,72-7,27) \cdot 10^{-5}$
<i>Si</i>	$4,91 \cdot 10^{-3}$	-181075	5	0,89	0,84	$(7,62-4,12) \cdot 10^{-6}$
<i>Ba</i>	$19,27 \cdot 10^{-3}$	-198245	5	1,02	0,90	$(3,02-1,85) \cdot 10^{-5}$

შელხობით მიღებული იგივე შედგენილობის კოპლექსური შენადნობის გადაადგილების ალბათობის საშუალო მიშვნელობები მოცენულია მე-9 ცხრილში

ცხრილი 9

შელხობით მიღებული იგივე შედგენილობის კოპლექსური შენადნობის გადაადგილების ალბათობის საშუალო მნიშვნელობები

ელემენტის დასახელება	გადაადგილების ალბათობა - W , წ/წმ
<i>Al</i>	$(2,78-2,01) \cdot 10^{-11}$
<i>Si</i>	$(7,14-3,11) \cdot 10^{-9}$
<i>Mn</i>	$(5,25-2,71) \cdot 10^{-9}$
<i>Ba</i>	$(2,72-1,25) \cdot 10^{-9}$

მიღებული შედეგების ანალიზიდან დგინდება სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენებიდან მიღებული ბარიუმისანი კომპლექსური შენადნობის უპირატესობა.

11. თხევადი ფოლადის ბარიუმის კოპლექსური შენადნობით დამუშავების ლაბორატორიული ექსპერიმენტები

ფოლადი განუხანგამდე დნებოდა მაღალტემპერატურულ ელექტროწინა-ღობის ღუმელში, გამდნარ განუხანგავ ფოლადს 1620°C ტემპერატურაზე ემატებოდა ფეროშენადნობებთან ერთად ბარიუმის კოპლექსური შენადნობი, რომელიც ცვლიდა ალუმინს ფოლადი 20 მარკის მისაღებად და ნაწილობრივ ამცირებდა ფეროშენადნობების ხარჯს.

შემოთავაზებული კოპლექსური შენადნობის ხარჯი შეადგენდა დასამუშავებელი ლითონის 0,35 %-ს, რაც ეთანადება ფოლადის განუხანგვის ტექნოლოგიას.

ლაბორატორიული ექსპერიმენტების შედეგები მოცემულია მე-10 ცხრილში

ცხრილი 10

ბარიუმის კოპლექსური შენადნობის გამოყენებით თხევადი ფოლადის დამუშავების ლაბორატორიული ექსპერიმენტის შედეგები

კოპლექსური შენადნობის ქიმიური შედგენილობა, მას. %:	ფოლადის ქიმიური შედგენილობა, მას. %						
	განუხანგვის წინ/განუხანგვის შემდეგ						
	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>S</i>	<i>P</i>	ჟანგბადის კონცენტრაცია, %	დესულფურაციის ხარისხი, %
12,91Ba, 22,67Si, 1,35Ca, 3,8Mg, C ≤0.14, S≤0,003, დანარჩენი Al	0,18/0,20	-/0,32	0,12/0,50	0,045/ 0,032	0,027/ 0,020	0,0210/ 0,0095	28
	0,20/0,244	-/0,35	0,11/0,39	0,043/ 0,032	0,022/ 0,020	0,0220/ 0,0085	26
	0,23/0,25	-/0,37	0,13/0,38	0,044/ 0,035	0,025/ 0,024	0,0191/ 0,0085	20,5
9,48 Ba, 17,75 Mn, 19,67 Si, 2,61 Ca, 2,69 Mg, C ≤0.14, S≤0,003 დანარჩენი ΣAl,Fe	0,19/0,23	-/0,33	0,11/0,38	0,049/ 0,37	0,028/ 0,023	0,0175/ 0,0079	14
	0,22/0,25	-/0,35	0,09/0,37	0,042/ 0,031	0,022/ 0,019	0,0117/ 0,0071	26,2
	0,21/0,24	-/0,37	0,14/0,49	0,047/0 ,033	0,026/0 ,020	0,025/ 0,020	29,8
8,25 Ba, 29,97 Mn, 16,28Si, 3,07 Ca, 2,77 Mg, C ≤0.14, S≤0,003 დანარჩენი ΣAl,Fe	0,24/0,26	-/0,35	0,12/0,44	0,044/ 0,031	0,023/ 0,02	0,0190/ 0,0082	29,5
	0,171/0,20	-/32	0,11/0,47	0,041/0 ,033	0,026/0 ,021	0,0211/ 0,0091	19,5
	0,22/0,27	-0,36	0,13/0,49	0,043/ 0,35	0,025/ 0,021	0,011/ 0,0082	18,6

12. თხევადი ფოლადის ბარიუმიანი კოპლექსური შენადნობით დამუშავების ნახევრად საწარმოო ექსპერიმენტები

ნახევრად საწარმოო ექსპერიმენტები ტარდებოდა საწარმოო ტექნოლოგიის ფიზიკური მოდელის პირობებში. ფოლადი განჟანგვის წინ დნებოდა ელექტორკალურ ლუმელში, როდესაც თხევადი ფოლადის ტემპერატურა გახდებოდა 1630 °C ლითონი ლუმლიდან გადმოსხმებოდა ციცხვში.

ციცხვში წინასწარ მოთავსებული იყო ფეროშენადნობები და ბარიუმიანი კომპლექსური შენადნობი ფოლადის რაოდენობის 0,35%-ის რაოდენობით.

ლითონის ჩასხმის შემდეგ ადგილი ჰქონდა ეგზოთერმიულ რეაქციას, რომლის დასრულების შემდეგ ვიღებდით ფოლადს საანალიზოდ.

ექსპერიმენტის შედეგები მოცემულია მე-11 ცხრილში.

ცხრილი 11

თხევადი ფოლადის ბარიუმიანი კოპლექსური შენადნობით დამუშავების
ნახევრად საწარმოო ექსპერიმენტების შედეგები

კოპლექსური შენადნობის ქიმიური შედგენილობა, მას. %:	ფოლადის ქიმიური შედგენილობა, მას. %						
	განჟანგვის წინ / განჟანგვის შემდეგ						
	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>S</i>	<i>P</i>	ჟანგბადის კონცენ- ტრაცია, %	დესულ- ფურაციის ხარისხი, %
12,91Ba, 22,67Si, 1,35Ca, 3,8Mg, C ≤0.14, S≤0,003 დანარჩენიΣAl,Fe	0,21/0,27	-/0,30	0,12/0,39	0,045/ 0,032	0,027/ 0,020	0,0210/ 0,0095	28
	0,22/0,264	-/0,36	0,11/0,43	0,043/ 0,032	0,022/ 0,020	0,0220/ 0,0085	26
	0,23/0,27	-/0,32	0,13/0,47	0,044/ 0,035	0,025/ 0,024	0,0191/ 0,0085	21
9,48 Ba, 17,75 Mn, 19,67 Si, 2,61 Ca, 2,69 Mg, C ≤0.14, S≤0,003 დანარჩენიΣAl,Fe	0.17/0,23	-/0,33	0,11/0,48	0,049/ 0,037	0,028/ 0,023	0,0175/ 0,0079	14
	0,22/0,27	-/0,33	0,09/0,47	0,042/ 0,031	0,022/ 0,019	0,0117/ 0,0071	26
	0,41/0,47	-/0,29	0,14/0,49	0,047/ 0,033	0,026/ 0,020	0,025/ 0,020	30
8,25 Ba, 29,97 Mn, 16,28Si, 3,07 Ca, 2,77 Mg, C ≤0.14, S≤0,003 დანარჩენიΣAl,Fe	0,18/0,25	-/0,34	0,12/0,46	0,044/ 0,031	0,023/ 0,02	0,0190/ 0,0082	30
	0,23/0,27	-/32	0,11/0,49	0,041/ 0,033	0,026/ 0,021	0,0211/ 0,0091	20
	0,19/0,27	-0,37	0,13/0,49	0,043/ 0,35	0,025/ 0,021	0,011/ 0,0082	19

13. ბარიუმის კომპლექსური შენადნობებით დამუშავებული ფოლადის არალითონური ჩანართების რაოდენობრივი და მორფოლოგიური შეფასება

ბარიუმის კომპლექსური შენადნობებით დამუშავებულ ფოლადში არალითონური ჩანართების რაოდენობის და მორფოლოგიური კვლევისას გამოყენებული ნიმუშების ელექტროქიმიური გახსნისას მიღებული ნალექის მიკროქიმიური და პეტროგრაფიული გამოკვლევის მეთოდი. საცდელ დნობებით მიღებულ ფოლადში არალითონური ჩანართების შედგენილობა მოცემულია მე-12 ცხრილში. შედარებისთვის ტრადიციული მეთოდით დამუშავებული ფოლადის კომპონენტები მოყვანილია მე-13 ცხრილში.

ცხრილი 12

საცდელ დნობებით მიღებულ ფოლადში არალითონური ჩანართების შედგენილობა

კომპლექსური შენადნობების ქიმიური შედგენილობა, მას. %	ჩანართების საერთო რაოდენობა	ჩანართების ქიმიური შედგენილობა, მას. %			
		<i>SiO₂</i>	<i>FeO</i>	<i>MnO</i>	<i>Al₂O₃</i>
9,48 Ba; 17,75 Mn; 19,67 Si; 2,61Ca; 2,69 Mg; C ≤0.14; S≤0,003; დანარჩენი: ∑ Al,Fe	0,0192 0,0172 0,0181	15,32 18,65 20,16	5,314 5,044 4,95	3,35 5,68 7,21	75,89 70,63 67,68
8,25 Ba; 29,97Mn; 16,28Si;3,07Ca; 2,77 Mg; C ≤0.14; S≤0,003; დანარჩენი∑Al,Fe	0,0167 0,0158 0,0160	17,32 16,68 19,17	3,33 4,87 5,37	6,32 7,47 7,95	73,03 70,98 67,51

ცხრილი 13

არსებული ტრადიციული მეთოდით დამუშავებულ ფოლადში არალითონური ჩანართების შედგენილობა

ჩანართების საერთო რაოდენობა	ჩანართების ქიმიური შედგენილობა, მას. %			
	<i>SiO₂</i>	<i>FeO</i>	<i>MnO</i>	<i>Al₂O₃</i>
0,0385	54,30	7,82	5,95	31,88

14. დამუშავებული ფოლადის მექანიკური მახასიათებლების შეფასება

შემოთავაზებული ბარიუმისანი კომპლექსური შენადნობების და არსებული ტრადიციული ტექნოლოგიით მიღებული ლითონის მექანიკური მახასიათებლები მოყვანილია მე-14 ცხრილში

ცხრილი 14

შემოთავაზებული ბარიუმისანი კომპლექსური შენადნობების და არსებული ტრადიციული ტექნოლოგიით მიღებული ლითონის მექანიკური მახასიათებლები

კომპლექსური შენადნობების ქიმიური შედგენილობა, მას.%	მექანიკური მახასიათებლები			
	დენადობის ზღვარი	დროებითი წინააღმდეგობა გაგლეჯვაზე	ფარდობითი წაგრძელება	სისალე
	σ, კპ	σ, კპ	ρ, %	HB
9,48 Ba; 17,75 Mn; 19,67 Si; 2,61Ca; 2,69 Mg; C ≤0.14; S≤0,003; დანარჩენი: Σ Al,Fe	343	587	15,0	190
	345	580	14,5	200
8,25 Ba; 29,97Mn; 16,28Si;3,07Ca; 2,77 Mg; C ≤0.14; S≤0,003; დანარჩენიΣAl,Fe	360	588	15,7	209
	355	578	15,5	205
არსებული ტექნოლოგიით განყანგული ფოლადი	325	592	14,2	205

15.– 16. ბარიუმის კომპლექსური შენადნობების მიღების და თხევადი ფოლადის ღუმელს გარე დამუშავების კომპლექსური ტექნოლოგიური სქემა.

ბარიუმის კომპლექსური შენადნობებით თხევადი ფოლადის ღუმელს გარე დამუშავების ტექნოლოგიის სარეკომენდაციო ინსტრუქციის შედგენა

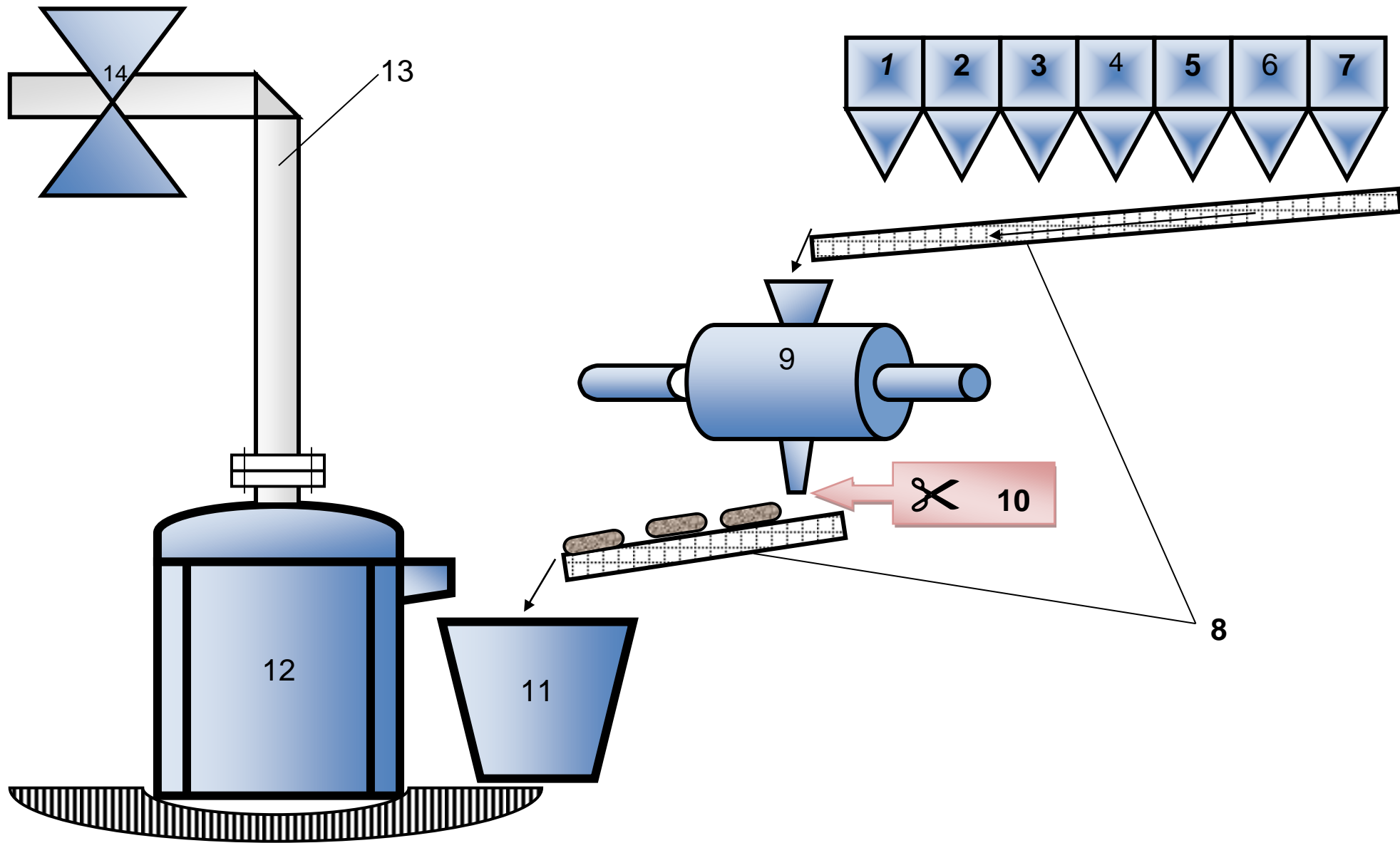
ჩატარებული კვლევის მიღებული შედეგების მიხედვით იქნა შედგენილი ფოლადის ღუმელს გარე დამუშავების უბანი ფოლადსადნობი აგრეგატის მომიჯნავე ტერიტორიაზე.,

სქემა წარმოდგენილია მე-7 ნახაზზე.

ფოლადის ღუმელს გარე დამუშავების უბანი შედის უშუალოდ საღუმელე მილის ტერიტორიაზე, შედგენილობაში შედის შემდეგი მოწყობილობა:

- **1-7 საკაზმემასალების ბუნკერები (ხვიმირები)** - მათი რაოდენობა განსაზღვრულია საკაზმე მასალების სახეობების რაოდენობით,
- **8- ორი კონვეიერი** - ხვიმირების ქვეშ მოთავსებულ კონვეიერზე ხდება კაზმის შემადგენელი კომპონენტების წინასწარი არევა, ხოლო შემრევის ქვეშ მოთავსებულ კონვეიერზე ხდება მიღებული დანაჭროვნებული კაზმის შრობა ჰაერზე,
- **9 - შემრევი**, ამ მოწყობილობაში გათვალისწინებულია კაზმის ტემპერატურის ვარირება ტექნოლოგიური მოთხოვნილობების თანახმად,
- **10 – წამკვეთი მოწყობილობა - «მაკრატელი»**, აქ ხდება პლასტიკურ მდგომარეობაში მყოფი კაზმის დაყოფა საჭირო ზომის მიხედვით, ნაჭრების სიდიდის ვარირება ხდება ძალიან მარტივად,
- **11- ციცხვი**, მიღებული დანაჭროვნებული კაზმის მოთავსება ციცხვში ხდება ძირითად აგრეგატში დნობის დაწყებისთანავე, ციცხვის გახურებულ ამონაგზე სრულდება ზედმეტი ტენის მოშორება კაზმიდან,
- **12 - ღუმელი**, როგორც ავღნიშნეთ, ეს შეიძლება იყოს ნებისმიერი ფოლადსადნობი აგრეგატი, რომლის ფუნქცია არის ფოლადის მარკის მიღება, ფოლადის სათანადო ტემპერატურის უზრუნველყოფა,
- **13 - აირგაყვანილობა**,
- **14 - სკრუბერი.**

როგორც ჩანს წარმოდგენილი სქემიდან არავითარი მნიშვნელობა არ აქვს ფოლადის მიღების ძირითად ტექნოლოგიას და ძირითად აგრეგატს - ღუმელს გარე დამუშავება შესაძლებელია ფოლადის ნებისმიერი წარმოების პირობებში.



ნახ.7. ღუმელსგარე დამუშავების უბანი

17. დასკვნითი ანგარიშის შედგენა

დასკვნით ანგარიშის შედგენა შეიცავს პროექტზე მუშაობის სამივე ეტაპის მასალების ანალიზს და ერთიანი ანგარიშის მომზადებას.

ლიტერატურა

1. РАФАЛОВИЧ И.М., ДЕНИСОВА И.А. Определение теплофизических свойств металлургических материалов. Москва: МЕТАЛЛУРГИЯ, 1971, 160 стр., ил.
2. КРЕСТОВНИКОВ А.Н., ВИГДОРОВИЧ В.Н. Химическая термодинамика. Москва: МЕТАЛЛУРГИЯ, 1973, 256 стр., ил.
3. КРЖИЖАНОВСКИЙ Р.Е., ШТЕРН З.Ю. Теплофизические свойства неметаллических материалов. Ленинград: ЭНЕРГИЯ, 1973, 336 стр., ил
4. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/polytechnic/6968/%D0%9F%D0%9E%D0%9B%D0%98%D0%AD%D0%A2%D0%98%D0%9B%D0%95%D0%9D%D0%A2%D0%95%D0%A0%D0%95%D0%A4%D0%A2%D0%90%D0%9B%D0%90%D0%A2> - 12/01/2014

II. გრანტის სახსრებით შეძენილი მცირეფასიანი საგნებისა და ძირითადი საშუალებების ნუსხა:

- ელექტროკაბელი ლაბორატორიული ელექტრორკალური ღუმლისთვის - 3073-კ1*70 (მაღალი ძაბვის კაბელი) 12 მ x 16,00 ლარი = 192 ლარი;
- ელექტროგამათბობელი BEKO - BKI 2800 DE ოფისისთვის, ღირებულებით 209 (ორას ცხრა) ლარი.

ს ტ შ

მიღება ჩაბარების აქტი 719

ჩვენ ქვემოთ, ხელის მომწერნი, ერთის მხრივ სტუ -ს საწყოების გამგე ო. მდინარაძე

მეორეს მხრივ გრანტში -

მოთხოვნის 28/01/2014 წლის 719 საფუძველზე პირველი გადასცემს, სადაც

მეორე იღებს ქვემოთ ჩამოთვლილ მატერიალურ ფასეულობას

ანგ №	დასახელება	ანგარიშ ფაქტურა №	ზომ. ერთ.	რაოდ.	ერთეულ ფასი	თანხა დღგ ჩათვლით	დღგ	თანხა დღგ გარეშე
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2221.10	პროექტორი VIVITEK D552	0095949700	ცალი	1.000	640.0000	640.00	97.63	542.37
2221.10	16.All in One კომპ. LENOVO C540 23 Intel re i3-3240 Processor	0095897703	ცალი	1.000	***.****	1800.00	274.58	1525.42
2221.10	35.მმბარი დისკი EXT HDD 1 TB USB 2.0 D TSITSj25D3	0095897703	ცალი	1.000	165.0000	165.00	25.17	139.83
2221.10	7.პორტ. კომპ. HP ProBook 4535s Dualcore 3300	0095897703	ცალი	1.000	840.0000	840.00	128.14	711.86
2221.10	30.პრინტ. i-SENSYS/LBP 6020B A4 1800m 400*600dpi 5000o/m	0096193850	ცალი	1.000	170.0000	170.00	25.93	144.07
სულ:						3615.00		3063.55

საწყოების გამგე:

(ხელმოწერა)

გრანტში -

(ხელმოწერა)

მატერიალურად პასუხ. პირი: ო. მიქაძე 38

(ხელმოწერა)