

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ინფორმატიკის და მართვის სიტემების ფაკულტეტი, საინჟინრო ფიზიკის  
დეპარტამენტი

სასწავლო-სამეცნიერო ცენტრი "საინჟინრო-ფიზიკური პრობლემების  
ინსტიტუტი“

საუნივერსიტეტო სამეცნიერო-კვლევითი საგრანტო პროექტი: მანგანუმის  
მადნის გამდიდრების შლამების მანგანუმის მონოოქსიდად სამრეწველო  
უტილიზაციის მაღალრენტაბელური ქიმიურ-მეტალურგიულ  
კომპლექსური სამრეწველო დანადგარის მოქმედი პროტოტიპის შექმნა

### ა ნ გ ა რ ი შ ი

პროექტის ხელმძღვანელი - სტუ საინჟინრო-ფიზიკური პრობლემების  
ინსტიტუტის დირექტორი არჩილ ჭირაქაძე

პროექტის მენეჯერი - სტუ საინჟინრო-ფიზიკური პრობლემების  
ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს მდივანი ზაქარია ბუაჩიძე

პროექტის შესრულების ვადები: 01.05 - 31.12/2016

თბილისი-2016

I ეტაპი (შესრულების ვადები: 01.05 - 31.07/2016)

პროექტის პირველი ეტაპის სამუშაოების ჩამონათვალი:

1. ორგანული ნარჩენებიდან მყარი, თხევადი და გაზისებრი საწვავის მიღების კვანძის პროფილაკტიკური შეკეთება, მწყობრში შეყვანა და ექსპლუატაცია:
  - 1.1. ქვეეტაპი 1. ორგანული ნარჩენებიდან მყარი, თხევადი და გაზისებრი საწვავის მიღების კვანძის პროფილაკტიკური შეკეთება.
  - 1.2. ქვეეტაპი 2. კვანძის საცდელი შემოწმება. მიღებული გაზისებრი, თხევადი და მყარი საწვავის ფიზიკო-ქიმიური თვისებების შესწავლა.
2. ზემალაღი სიხშირის 30 კვტ სიმძლავრის გენერაციის კვანძის და მუშა კამერის პროფილაკტიკური შეკეთება, მწყობრში შეყვანა და ექსპლუატაცია:
  - 2.1. ქვეეტაპი 3. ზემალაღი სიხშირის 30 კვტ სიმძლავრის გენერაციის კვანძის და მუშა კამერის პროფილაკტიკური შეკეთება, მწყობრში შეყვანა.
  - 2.2. ქვეეტაპი 4. ზემალაღი სიხშირის 30 კვტ სიმძლავრის გენერაციის კვანძის და მუშა კამერის გამოცდა.
3. ამონიუმის ქლორიდით ქიმიურ-მეტალურგიული დამუშავების კვანძის პროფილაკტიკური შეკეთება, მწყობრში შეყვანა და ექსპლუატაცია:
  - 3.1. ქვეეტაპი 5. ამონიუმის ქლორიდით ქიმიურ-მეტალურგიული დამუშავების კვანძის პროფილაკტიკური შეკეთება, მწყობრში შეყვანა.
  - 3.2. ქვეეტაპი 6. ამონიუმის ქლორიდით ქიმიურ-მეტალურგიული დამუშავების კვანძის გამოცდა.
4. ლიგატურებისა და მრავალკომპონენტური შენადნობების მიღების კვანძის პროფილაკტიკური შეკეთება, მწყობრში შეყვანა და ექსპლუატაცია:
  - 4.1. ქვეეტაპი 7. ლიგატურებისა და მრავალკომპონენტური შენადნობების მიღების კვანძის პროფილაკტიკური შეკეთება და მწყობრში შეყვანა.
  - 4.2. ქვეეტაპი 8. ლიგატურებისა და მრავალკომპონენტური შენადნობების მიღების კვანძის გამოცდა.

**დანართები:**

**დანართი 1.**

**დანართი 2.**

**დანართი 3.**

**დანართი 4.**

**დანართი 5.**

1. ორგანული ნარჩენებიდან მყარი, თხევადი და გაზისებრი საწვავის მიღების კვანძის პროფილაკტიკური შეკეთება, მწყობრში შეყვანა და ექსპლუატაცია:

1.1. ქვეტაპი 1. ორგანული ნარჩენებიდან მყარი, თხევადი და გაზისებრი საწვავის მიღების კვანძის პროფილაკტიკური შეკეთება.

შოთა რუსთაველის ეროვნული ფონდის სამეცნიერ-კვლევითი საგრანტო პროექტის ფარგლებში შექმნილია ორგანული ნარჩენებიდან მყარი, თხევადი და გაზისებრი საწვავის მიღების დანადგარი. დანადგარის პროფილაკტიკური შემოწმების დროს აღინიშნა სამი ძირითადი გაუმართაობა:

1. ელექტროკვების გაყვანილობის გაუმართაობა.
2. მიმწოდებელი შნეკის მექანიზმის გაუმართაობა.
3. რექტორის კორპუსის და დამცავი ეკრანების მთლიანობის 11 დარღვევა.

ჩატარებული სამუშაოების შედეგად შეკეთებულია ელექტრომომარაგების გაყვანილობა, შნეკის მექანიზმი და რექტორის კორპუსი, შეცვლილია დამცავი ეკრანები.

1.2. ქვეტაპი 2. კვანძის საცდელი შემოწმება. მიღებული გაზისებრი, თხევადი და მყარი საწვავის ფიზიკო-ქიმიური თვისებების შესწავლა.

განახლებული კვანძის საცდელი შემოწმების პროცესში გამოყენებული იყო სამი სახის კატალიზატორი. საუკეთესო შედეგი მოგვცა ნიკელ-ტყვიის კატალიზატორის გამოყენებამ. დამზადდა 117 ლ თხევადი საწვავი და შესაბამისი ოდენობის გაზისებრი და მყარი საწვავი. თხევადი საწვავის გაწმენდის ფაზაზე გამოყენებული იყო კალციუმის ოქსიდი, ცეოლიტები და მათი ნარევი. საუკეთესო შედეგი დაფიქსირდა კალციუმის საწვავის სერთო მასის ათი პროცენტის ოდენობით ოქსიდის და ცეოლიტის ფხვნილის ნარევის (1:1) გამოყენებისას. დამუშავების შემდეგ მასუბუქი ფრაქცია თავისი მახასიათებლებით უახლოვდება „რეგულარ“ ბენზინს, ხოლო მძიმე ფრაქცია - დიზელის სტანდარტულ საწვავს (იხ, დანართი 1).

2. ზემალაღი სიხშირის 30 კვტ სიმძლავრის გენერაციის კვანძის და მუშა კამერის პროფილაკტიკური შეკეთება, მწყობრში შეყვანა და გამოცდა:

2.1. ქვეტაპი 3. ზემალაღი სიხშირის 30 კვტ სიმძლავრის გენერაციის კვანძის და მუშა კამერის პროფილაკტიკური შეკეთება, მწყობრში შეყვანა.

პროფილაკტიკური შემოწმების დროს აღინიშნა ოთხი სახის ძირითადი გაუმართაობა:

1. მწყობრიდან გამოსული იყო 7 მაგნეტრონი (თითოეული მათგანის ნომინალური სიმძლავრე შეადგენს 0,8 კვტ-ს).
2. დაზიანებული იყო ორი გამაგრებელი ელექტრომოწყობილობები (გადამწვარი იყო ელექტროგრაფნილები).
3. დარღვეული იყო ბაზალტის ქსოვილისგან დამზადებული ცეცხლგამძლე თბოიზოლაციის ფენა.
4. დაზიანებული იყო ელექტროკვების ფარი.

ჩატარებული პროფილაკტიკური სამუშაოების შედეგად შეცვლილ იქნა ზემოაღნიშნული მაგნეტრონები, გარემონტდა დაზიანებული ელექტროგრაფნილები, შეიცვალა ცეცხლგამძლე თბოიზოლაციის ფენა, შეკეთდა ელექტროკვების ფარი.

2.2. ქვეტაპი 4. ზემოაღნიშნული სიხშირის 30 კვტ სიმძლავრის გენერაციის კვანძის და მუშა კამერის გამოცდა.

ჩატარდა განახლებული კვანძის და კამერის საცდელი შემოწმება, რომელმაც დაადასტურა მისი მზადყოფნა პროექტის მეორე ეტაპისთვის (იხილეთდანართი 2).

3. ამონიუმის ქლორიდით ქიმიურ-მეტალურგიული დამუშავების კვანძის პროფილაკტიკური შეკეთება, მწყობრში შეყვანა და ექსპლუატაცია:

3.1. ქვეტაპი 5. ამონიუმის ქლორიდით ქიმიურ-მეტალურგიული დამუშავების კვანძის პროფილაკტიკური შეკეთება, მწყობრში შეყვანა.

კვანძის პროფილაკტიკურმა შემოწმებამ არ გამოავლინა არანაირი მნიშვნელოვანი გაუმართაობა, რაც დადასტურდა საცდელი შემოწმების დროს.

3.2. ქვეტაპი 6. ამონიუმის ქლორიდით ქიმიურ-მეტალურგიული დამუშავების კვანძის საცდელი გამოცდა.

გამოცდის დროს მიღებული მანგანუმი ოქსიდის კონცენტრატის შემადგენლობა და რაოდენობა (დანართი 3) შეესაბამება დანადგარის ნომინალურ მონაცემებს.

4. ლიგატურებისა და მრავალკომპონენტური შენადნობების მიღების კვანძის პროფილაკტიკური შეკეთება, მწყობრში შეყვანა და ექსპლუატაცია.

4.1. ქვეტაპი 7. ლიგატურებისა და მრავალკომპონენტური შენადნობების მიღების კვანძის პროფილაკტიკური შეკეთება და მწყობრში შეყვანა.

კვანძის პროფლაქტიკურმა შემოწმებამ არ გამოავლინა არანაირი მნიშვნელოვანი გაუმართაობა, რაც დადასტურდა საცდელი შემოწმების დროს.

4.2. ქვეტაპი 8. ლიგატურებისა და მრავალკომპონენტური შენადნობების მიღების კვანძის გამოცდა.

გამოცდის დროს მიღებული მანგანუმისშენადნობების შემადგენლობა დარაოდენობა (დანართი 4) შეესაბამება დანადგარის ნომინალურ მონაცემებს.

**დანართი:**

დანართი 1.

საწვავი	მსუბუქი ფრაქცია	ბენზინი	მძიმე ფრაქცია	დიზელი
სიმკვრივე (15°C), ტ/მ <sup>3</sup>	0,75	0,74-0,78	0,83	0,82-0,85
თბოუნარიანობა, მგჯ/კგ	43,0	43,0-43,9	43,5	42,3-42,8
გამოსავალი, ფარდობითი ერთეულები	0,21		0,61	

დანართი 2.

გამოცდის ციკლი	ციკლის ხანგრძლივობა, სთ	შემავსებელიმასალა (კონცენტრატი)	შემავსებლის რაოდენობა, კგ	მაქსიმალური ტემპერატურა, C°
1	6	60%-ანი მანგანუმის ოქსიდი	60,3	700±20
2	6	50%-ანი მანგანუმის ოქსიდი	120, 1	510±15
3	7	60%-ანი მანგანუმის ოქსიდი	120, 5	800±20
4	7	50%-ანი მანგანუმის ოქსიდი	120,7	580±15
5	8	60%-ანი მანგანუმის ოქსიდი	120,3	880±20
6	8	50%-ანი მანგანუმის ოქსიდი	120,6	640±15

დანართი 3.

გამოცდის ციკლი	MnO, $\%$	MnO <sub>2</sub> , $\%$	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , $\%$	SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + ..., $\%$	P, $\%$	Pb, mg/kg	Hg mg/kg	Cd mg/kg	As mg/kg	პროდუქტის წონა, კგ
1	79.7	0.8	0.28	15.2	<0.06	<20	≤0.05	<0.5	14	123,4
2	81.0	0.8	0.31	14.8	<0.06	<20	≤0.05	<0.5	12	120,7
3	77.3	0.6	0.34	17.8	<0.06	<20	≤0.05	<0.5	20	124,5
4	80.8	1.0	0.32	15.1	<0.06	<20	≤0.05	<0.5	12	121,1

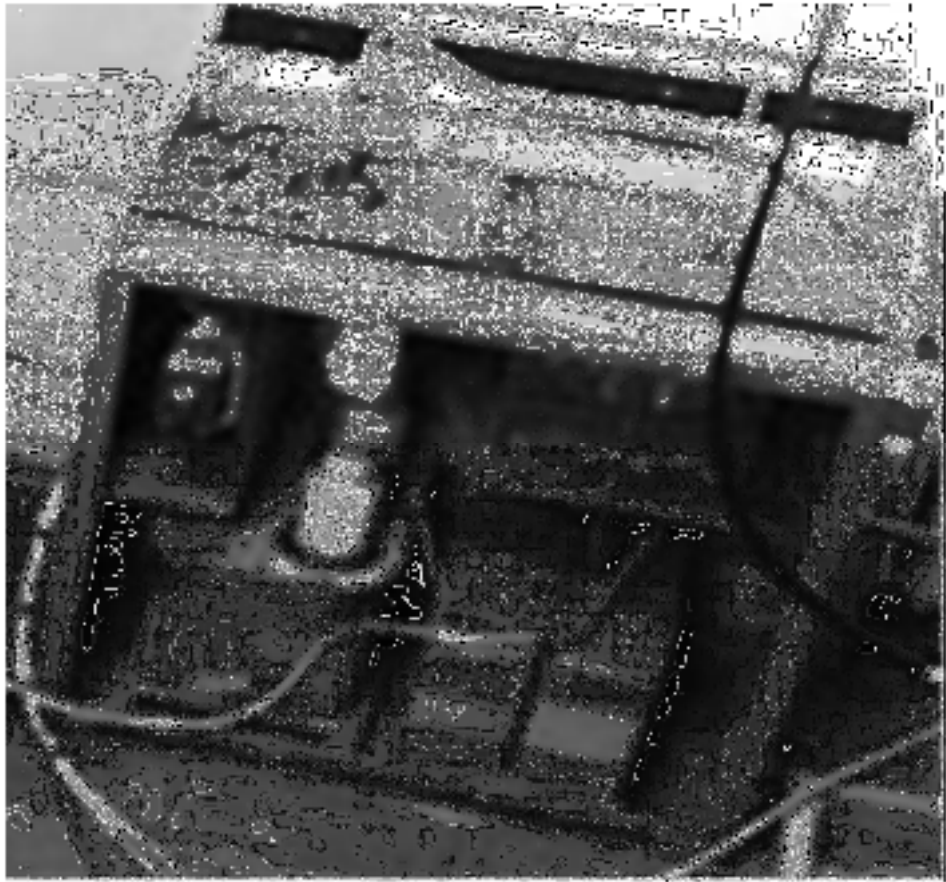
დანართი 4.

მანგანუმის შენადნობი		Mn, $\%$	C, $\%$	Si, $\%$	P, $\%$	S, $\%$	Fe, $\%$	Al, $\%$
1.	დაბალნახშირბადიანი ფერომანგანუმი	84.6	0.50	1.9	0,24	0.03	The rest	1.0
2.	დაბალნახშირბადიანი ფერომანგანუმი	86.2	0.48	1.7	0.27	0.03	The rest	1.6
3.	დაბალნახშირბადიანი ფერომანგანუმი	88.4	0.46	1.8	0.28	0.04	The rest	2.2
4.	დაბალნახშირბადიანი ფერომანგანუმი	84.8	0.48	1.8	0.25	0.03	The rest	1.0
5.	დაბალნახშირბადიანი ფერომანგანუმი	88.6	0.44	1.5	0.3	0.04	The rest	2.4
6.	დაბალნახშირბადიანი ფერომანგანუმი	88.1	0.47	1.7	0.29	0.04	The rest	2.1
7.	დაბალნახშირბადიანი ფერომანგანუმი	85.6	0,45	1.6	0,28	0.03	The rest	1.4
8.	დაბალნახშირბადიანი ფერომანგანუმი	85.7	0.5	1.6	0.29	0.03	The rest	1.2
9.	ლითონური მანგანუმი	95.9	0.19	1.86	0.06	≤0.05	The rest	1.1
10.	ლითონური მანგანუმი	96.0	0.18	1.82	0.07	≤0.05	The rest	1.0
11.	ლითონური მანგანუმი	96.3	0.12	1.61	0.06	≤0.05	The rest	0.8
12.	ლითონური მანგანუმი	96.1	0.16	1.75	0.07	≤0.05	The rest	0.8

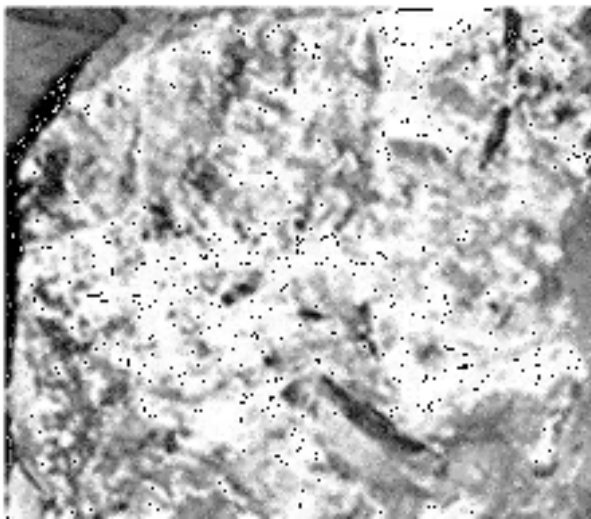
	Mn (%)	Si (%)	V (%)	Al (%)	Cu (%)	Cr (%)	Fe (%)	C (%)	P (%)
1	18.6	4.4	30.1	11.9			The rest	0.124	0.034
2	28.3	4.8	16.3	15.1				0.139	0.033
3	36.0	2.4	14.2	18.7				0.152	0.035
4	26.8	15.9		6.3	30.2	4.6		0.084	0.031
5	82.9	5.3		5.2	1.5	2.9		0.111	0.039
6	84.6	5.7		1.0	4.2	4.4		0.131	0.038
7	91.1	5.5		1.1	2.1			0.148	0.041
8	72.6	4.2		5.3	16.2			0.101	0.052
9	55.9	24.5		10.5	6.0			0.162	0.036
10	92.0	2.1		3.3	2.8			0.134	0.042
11	38.1	27.1		28.0	4.0			0.094	0.046
12	81.2	6.9		5.6	3.0			0.103	0.038
13	96.6	1.1		1.3				0.096	0.044
14	95.5	1.1		1.1				0.091	0.029
15	97.0	1.5		1.2				0.087	0.036

დანართი 5. დანადგარის კვანძები და საცდელი შემოწმების დროს მიღებული პროდუქციის ნიმუშები:









## II ეტაპი (შესრულების ვადები: 1.08 - 31.12/2016)

პროექტის მეორე ეტაპის სამუშაოების ჩამონათვალი:

5. მანგანუმის ოქსიდის მაღალხარისხოვანი კონცენტრატის მიღება და ქიმიური შემადგენლობის ანალიზი:

5.1. ქვეეტაპი 9. მანგანუმის ოქსიდის მაღალხარისხოვანი კონცენტრატის მისაღებად საჭირო კაზმის ოპტიმიზაცია.

5.2. ქვეეტაპი 10. მანგანუმის ოქსიდის მაღალხარისხოვანი კონცენტრატის მიღება და ქიმიური ანალიზი.

6. მანგანუმის ოქსიდის მაღალხარისხოვანი კონცენტრატის გადამუშავება წინასწარ განსაზღვრული შემადგენლობის ლიგატურებად, მათი ქიმიური შემადგენლობის ანალიზი:

6.1. ქვეეტაპი 11. წინასწარ განსაზღვრული შემადგენლობის ლიგატურების მისაღებად საჭირო კაზმის ოპტიმიზაცია.

6.2. ქვეეტაპი 12. წინასწარ განსაზღვრული შემადგენლობის ლიგატურებად, მათი ქიმიური შემადგენლობის ანალიზი.

6.3. ქვეეტაპი 13. წარდგენილი პუბლიკაციების და საპატენტო განაცხადების ჩამონათვალი.

**დანართები:**

**დანართი 6.**

**დანართი 7.**

**დანართი 8.**

**დანართი 9.**

5. მანგანუმის ოქსიდის მაღალხარისხოვანი კონცენტრატის მიღება და ქიმიური შემადგენლობის ანალიზი:

პროექტის ფარგლებში გეგმით გათვალისწინებული ოთხი ამოცანის შესრულების შედეგად შეიქმნა მანგანუმის მადნის გამდიდრების შლამებიდან მანგანუმის ოქსიდის ( $MnO + MnO_2$ ) მაღალხარისხოვანი კონცენტრატის მიღების და წინასწარ განსაზღვრული შემადგენლობის ლიგატურებად გადამუშავების სამრეწველო დანადგარის მუშა მაკეტი (პროტოტიპი).

5.1. ქვეეტაპი 9. მანგანუმის ოქსიდის მაღალხარისხოვანი კონცენტრატის მისაღებად საჭირო კაზმის ოპტიმიზაცია.

ქვეეტაპის ძირითადი მიზანი იყო კონცენტრატის მისაღებად საჭირო კაზმის (ძირითადად, მანგანუმშემცველი შლამების და ამონიუმის ქლორიდის თანაფარდობის) ოპტიმიზაცია შლამის ქიმიური შემადგენლობის (ძირითადად, მანგანუმის შემცველობის და ტენიანობის) გათვალისწინებით. დაწვრილებით იქნა გამოკვლეული შლამების ქიმიური შემადგენლობა (იხ.

დანართი 1.), რაც საშუალებას იძლევა პირველ მიახლოებაში განვსაზღვროთ კონცენტრატის მიღების პროცესში გენერირებული მეორადი ნარჩენების შემადგენლობა და მოთხოვნად პროდუქტებად შემდგომი გადამუშავების გზები. ექსპერიმენტულად ხდებოდა კონცენტრატის მისაღებად საჭირო კაზმის ვარირება მაგანუმის მაქსიმალური შემცველობის და არასასურველი მინარევების, აგრეთვე ამონიუმის ქლორიდის მოხმარების მინიმუმაციის პირობებში. ჩატარებული სამუშაოების შედეგად დადგინდა, რომ ტიპური შემადგენლობის ( $Mn \approx 10-12\%$ ) და ჰაერზე შრობის/ტრანსპორტირების შემდეგ ტენიანობის (7-11%) პირობებში ამონიუმის ქლორიდის ოპტიმალური თანაფარდობა მანგანუმის ოქსიდთან არის  $1.8 \pm 0,3$ ) რაც საშუალებას იძლევა მივიღოთ მანგანუმის ოქსიდის მაღალხარისხოვანი კონცენტრატი მანგანუმის შემცველობით 65-70 %.

5.2. ქვეტაპი 10. მანგანუმის ოქსიდის მაღალხარისხოვანი კონცენტრატის მიღება და ქიმიური ანალიზი.

ოპტიმალური კაზმის გამოყენებით მიღებული იყო მანგანუმის ოქსიდის მაღალხარისხოვანი კონცენტრატი, რომლის ქიმიური შემადგენლობა ახლო იყო წინასწარ გათვლილთან. კონცენტრატის ქიმიური შემადგენლობის განსაზღვრა ხდებოდა რენტგენ-ფლოუორესცენტული ანალიზატორის (EDX3600 B) მეშვეობით, მადნებისთვის და კონცენტრატებისთვის განკუთვნილი პროგრამის გამოყენებით. მიღებული კონცენტრატების ქიმიური ანალიზის ნიმუში მოცემულია დანართში 2. იქვე მოცემულია კონცენტრატის ქიმიური შემცველობის ტიპური მონაცემები.

6. მანგანუმის ოქსიდის მაღალხარისხოვანი კონცენტრატის გადამუშავება წინასწარ განსაზღვრული შემადგენლობის ლიგატურებად, მათი ქიმიური შემადგენლობის ანალიზი:

პროექტის ფარგლებში გეგმით გათვალისწინებული ხუთი ამოცანის შესრულების შედეგად შეიქმნა მანგანუმის მადნის გამდიდრების შლამებიდან მაგანუმის ოქსიდის ( $MnO + MnO_2$ ) მაღალხარისხოვანი კონცენტრატის მიღების და წინასწარ განსაზღვრული შემადგენლობის ლიგატურებად გადამუშავების სამრეწველო დანადგარის მუშა მაკეტი (პროტოტიპი), მიღებულ იქნა ლიგატურების მისაღებად საჭირო მაღალხარისხოვანი კონცენტრატი, განისაზღვრა მისაღები შენადნობების (Mn, Si, Al, Cr, Cu, V) და ლიგატურების (W, Mo, Cr, Cu, Ni, Si, Al, Sr, Zr) სასურველი შემადგენლობა. პროექტის მსვლელობაში გადაწყდა გამოკვლეულიყო რამდენიმე სახის სასაქონლო პროდუქციის წარმოების შესაძლებლობა და ეკონომიკური მიზანშეწონილება: 1. ლითონური მაგანუმი და დაბალნახშირბადიანი ფერომანგანუმი; 2. მანგანუმის კომპლექსური შენადნობები (Si, Al, Cr, Cu და V-თან); 3. სპილენძ-მანგანუმის ლიგატურა  $CuMn50$ ; 4. სწრაფმჭრელი და სხვა სპეციალური ფოლადების მისაღები მანგანუმშემცველი ლიგატურები.

6.1. ქვეტაპი 11. წინასწარ განსაზღვრული შემადგენლობის ლიგატურების მისაღებად საჭირო კაზმის ოპტიმიზაცია.

ექსპერიმენტულად იქნა შესწავლილი ოთხივე ჯგუფის მანგანუმშემცველი ლიგატურების მისაღებად საჭირო კაზმის შემადგენლობა მისი ოპტიმიზაციის მიზნით. ხდებოდა კაზმში ძირითადი ოქსიდური კომპონენტების და აღმდგენლების (Al, Mg და Al-Mg) შემცველობის ვარირება ფართო დიაპაზონში. თითოეული ჯგუფისთვის დადგინდა ოქსიდური კომპონენტების და აღმდგენლების ოპტიმალური თანაფარდობის საზღვრები. შეფასდა პროდუქციის ღირებულების მინიმიზაციის შესაძლებლობა სტანდარტებით გათვალისწინებული ხარისხის უზრუნველყოფის პირობებში. პროდუქციის სავარაუდო ღირებულების შემცირების ერთ-ერთი ქმედითი საშუალებაა ალუმინის ბურბუშელას გამოყენება და ალუმინის ფხვნილის დამზადების პროცესის ჩართვა საწარმოო ციკლში.

6.2. ქვეტაპი 12. წინასწარ განსაზღვრული შემადგენლობის ლიგატურებად, მათი ქიმიური შემადგენლობის ანალიზი.

ოპტიმალური კაზმის გამოყენებით მიღებულია შემდეგი სახის შენადნობები (დანართი 3):

1. ლითონური მანგანუმი (Mn-95) და დაბალნახშირბადიანი ფერომანგანუმი (Mn-85) - 11 ნიმუში;
2. მაგანუმის კომპლექსური შენადნობები - 11 ნიმუში;
3. სპილენძ-მანგანუმის ლოგატურა CuMn50 – 5 ნიმუში;
4. სწრაფმჭრელი და სხვა სპეციალური ფოლადების მისაღები მანგანუმშემცველი ლიგატურები – 5 ნიმუში.

შეფასებულია ოთხივე ჯგუფის შენადნობების მოსალოდნელი თვითღირებულება მცირე და საშუალო მოცულობის სამრეწველო წარმოების პირობებში. იხ. დანართი 4.). დადგინდა, რომ: ა) მაღალტემპურატურული თვითგავრცელებადი სინთეზის გამოყენება ლითონური მანგანუმის (Mn-95) და დაბალნახშირბადიანი ფერომანგანუმის (Mn-0.5/1.0) წარმოებისათვის მიზანშეწონილია მხოლოდ შემადგენლობის მიმართ სპეციალური მოთხოვნების არსებობის შემთხვევაში და გარემოს დაბინძურების შემცირების მიზნით; ბ) მანგანუმის კომპლექსური შენადნობების წარმოება ამ მეთოდით მიზანშეწონილია ახალი შენადნობებზე მოთხოვნების არსებობის შემთხვევაში, აგრეთვე გარემოს დაბინძურების შემცირების მიზნით; გ) სპილენძ-მანგანუმის ლოგატურის CuMn50 სამრეწველო წარმოება ამ მეთოდით მიზანშეწონილია ყველა ძირითადი ფაქტორის გათვალისწინებით და ოპტიმიზაციის შემთხვევაში უზრუნველყოფს 30-35%-იან რენტაბელობას; დ) სწრაფმჭრელი და სხვა სპეციალური ფოლადების მისაღები მანგანუმშემცველი ლიგატურების სამრეწველო წარმოება ამ მეთოდით მიზანშეწონილია ყველა ძირითადი ფაქტორის გათვალისწინებით და ოპტიმიზაციის შემთხვევაში უზრუნველყოფს 30-35%-იან რენტაბელობას.

6.1. ქვეტაპი 13. წარდგენილი პუბლიკაციების და საპატენტო განაცხადების ჩამონათვალი. პროექტის ფარგლებში მომზადებულია და წარდგენილია სამეცნიერო პუბლიკაცია რეფერირებად ჟურნალში Current Environmental Engineering (სამხრეთ კორეის რესპუბლიკა):

Obtaining of high grade alloys utilizing microwave enhanced processing of manganese containing sludge.

პროექტის ფარგლებში მომზადებულია და „საქპატენტში“ წარდგენილია სამი საპატენტო განაცხადი:

1. № 13978/01 მანგანუმის დაბალხარისხოვანი მადნებიდან მეტალური მანგანუმის მიღების ხერხი.
2. № 13797/01 ფერომანგანუმის მიღების ხერხი (მიღებულია დადებითი წინასწარი გადაწყვეტილება).
3. № 13796/01 - სხმული შენადნობების მიღების ხერხი და მოწყობილობა (მიღებულია დადებითი წინასწარი გადაწყვეტილება).

შენიშვნა: პროექტით გათვალისწინებული დანადგარის პროტოტიპის დასრულებისათვის საჭირო მოწყობილობების და ხელსაწყოების შესყიდვის გაჭიანურებასთან დაკავშირებით პროექტის სანუშაოების დასრულებას და დასკვნითი ანგარიშის შედგენას დამატებით დასჭირდა 60 კალენდარული დღე.


**დანართი 6**

	ნაერთის დასახელება და ქიმიური ფორმულა	მოცულობითი სიმკვრივე	წონითი %	წონითი %, სულ
1	რუთილი, $TiO_2$	4.25	0.27	სხვადასხვა მინერალები 5.65
2	აპატიტი, $10 CaO 3P_2O_5 H_2O$	5.0	0.84	
3	ბარიტი, $BaSO_4$	3-3.5	1.05	
4	პირიტი, $FeS_2$	6-6.5	0.58	
5	გოეთიტი, $Fe_2O_3 H_2O$	5-5.5	2.91	
6	კაოლინიტი, $Al_2O_3 2SiO_2 2 H_2O$	2.6	0.7	წყლოვანი ალუმოსილიკატები 10.26
7	გალუზიტი, $Al_2O_3 2SiO_2 4 H_2O$	2.6	0.8	
8	მონტმორლონიტი, $Al_2O_3 4SiO_2 H_2O$	2-2.7	0.94	
9	მუსკოვიტი, $K_2O Al_2O_3 SiO_2 2H_2O$	2.8-2.9	1.99	
10	გლაუკონიტი, $(K,Na)_2O 1.5 (Fe, Mg)O 1.5 (Al,Fe)_2 O_3 7.5 SiO_2 2H_2O$	2.8-2.9	1.71	
11	ჰაილანდიტი, $CaO Al_2O_3 6SiO_2 5H_2O$	3-4	4.12	
12	ორთოკლაზი (მიკროკლინი), $K_2O Al_2O_3 6SiO_2$	2.56	8.74	უწყლო ალუმოსილიკატები 22.85
13	ალბიტი, $Na_2O Al_2O_3 6SiO_2$	2.62-2.75	8.13	
14	ანორთიტი, $CaO Al_2O_3 2SiO_2$	2.62-2.75	8.13	
15	კალციტი, $CaCO_3$	2.71	3.12	კარბონატიები 8.00
16	მაგნეზიტი, $MgCO_3$	3.09	2.52	
17	როდოქროზიტი, $MnCO_3$	2.96	3.53	
18	კვარცი, $SiO_2$	2.6-2.65	31.35	კვარცი და

19	ოპალი, SiO <sub>2</sub> n H <sub>2</sub> O	2-2.25	3.53	ოპალი 34.88
20	მანგანიტი, MnO Mn(OH) <sub>2</sub>	4.00	5.00	მანგანუმის ნაერთები 14,54
21	ფსილომელანომ MnO MnO <sub>2</sub> nH <sub>2</sub> O	4.70	5.00	
22	პიროლუზიტი, MnO <sub>2</sub>	4.4-5.06	1.5	
23	ვად-ფრაქცია, MnO <sub>2</sub> (0 -1) MnO nH <sub>2</sub> O	4.0-4.2	3.04	
24	თავისუფალი წყალი		დანარჩენი	

6.1 ლურღუმელას შლამსაცავის ზედაპირული ფენის ტიპური შემცველობა

დანართი 7.

样品名称 Sample Name	Mn-is-sulfidi- fizikosebi	测量时间 Test Time	100(s)	
供应商 Supplier		工作曲线 WorkCurve	ORE	
管压 Voltage	9(KV)	操作员 Operator	user	
管流 Current	150(μA)	测量日期 Test Date	16.09.2016 12:53	
元素 Element	强度 Intensity	含量(%) Content(%)		
Mg	1,85	0,16848		
Al	5,84	0,23314		
Si	91,11	1,43712		
P	12,15	0,03539		
S	3,52	0,00198		
K	52,51369	0,41779		
Ca	135,68	0,39961		
Ti	32,34778	1,13815		
V	18,50686	0,22915		
Cr	1,0509	0,00417		
Mn	6981,45631	60,46506		

Fe	162,36363	1,61854		
Co	0	0		
Ni	9,97057	0,0963		
Cu	9,63121	0,10071		
Zn	10,67599	0		
As	1,66612	0,00296		
Zr	19,50568	0,01109		
Sr	0	0		
Nb	0,464	0		
Mo	7,63809	0		
Ag	5,22654	0		
Cd	5,11	0		
Sn	0	0		
Sb	2,77	0,0056		
W	0	0		
Au	1,26348	0		
Pb	0	0,06338		
Ba	17,27	0,02208		
Hf	0,54825	0		
Ta	0	0		
Hg	0	0		
Bi	0,04	0		
Th	0,02	0		
U	0,27	0		

7.1. მანგანუმის ოქსიდის მაღალხარისხოვანი კონცენტრატის ქიმიური შემადგენლობის ანალიზის ნიმუში (რენტგენ-ფლუორესცენტული ანალიზის მონაცემები).

MnO+MnO <sub>2</sub> , %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + ..., %	P, %	Pb, mg/kg	Hg mg/kg	Cd mg/kg	As mg/kg
80.5	0.28	15.2	<0.06	<20	≤0.05	<0.5	14
81.9	0.31	14.8	<0.06	<20	≤0.05	<0.5	12
77.9	0.34	17.8	<0.06	<20	≤0.05	<0.5	20
81.8	0.32	15.1	<0.06	<20	≤0.05	<0.5	12

7.2. მანგანუმის ოქსიდის კონცენტრატის ოპტიმალური შემადგენლობა: რენტგენ-ფლუორესცენტული ანალიზის მონაცემები.

დანართი 8.

№	Si	Mn	Fe	C	Cr	V	Al	Cu	S	P
1	0.94	96.3	*	0.12	*	*	*	*	0.04	0.04
2	0.93	96.1	*	0.15	*	*	*	*	0.05	0.05
3	1.877	90.370	6.142	0.49	0.076	0.027	1.091	0.074	0.03	0.09
4	2.985	89.817	5.622	0.46	0.038	0.058	1.007	0.094	0.03	0.108
5	3.139	86.949	5.408	0.43	0.0002	0.049	4.105	0.064	0.02	0.09
6	2.678	88.860	5.646	0.46	0.010	0.071	2.385	0.060	0.03	0.08
7	2.691	90.057	5.557	0.48	*	0.066	1.241	0.071	0.03	0.11
8	2.728	88.998	6.056	0.47	*	0.052	1.656	0.185	0.3	0.13
9	2.543	88.516	5.716	0.44	*	0.070	2.543	0.067	0.02	0.12
10	3.186	85.848	5.841	0,42	0.861	2.941	3.634	0.101	0.03	0.07
11	3.241	87.643	5.756	0.45	1.039	2.971	1.839	0.115	0.03	0.07

8.1. ლითონური მანგანუმის (Mn-95) და დაბალნახშირბადიანი ფერომანგანუმის ნიმუშების ქიმიური შემადგენლობა (Mn-85) ქიმიური შემადგენლობა (\*- არ განისაზღვრა): რენტგენ-ფლუორესცენტული ანალიზის მონაცემები.

№	Si	Mn	Fe	Cr	V	Al	Cu	S	P
1	2.442	71.222	5.044	0.093	0.050	4.022	15.860	0.067	0.067



2	2.239	71.647	5.040	0.093	*	2.820	17.862	0	0.043
3	2.088	72.510	5.027	0.022	*	3.946	16.211	0	0.045
4	2.538	69.617	5.199	0.147	*	8.185	13.785	0	0.033
5	1.309	64.343	4.728	0.125	*	2.550	26.694	0	0.036
6	2.794	68.551	5.320	0.128	*	1.255	21.552	0	0.050
7	2.428	66.190	4.909	0.223	0.047	1.377	24.496	0	0,029
8	3.072	78.803	5.475	0.698	1.970	11.520	0.105	0	0.054
9	2.031	51.546	6.264	5.433	*	15.903	18.544	0	0.023
10	2.353	50.797	6.328	6.056	0.051	16.633	17.476	0	0.048
11	1.960	55.415	7.086	6.787	*	9.056	19.486	0	0.034

**8.2. მანგანუმის კომპლექსური შენადნობების ქიმიური შემადგენლობა (\*- არ განისაზღვრა): რენტგენ-ფლუორესცენტული ანალიზის მონაცემები.**

Mn	Cu	Fe	Si	Ni	Pb	Zn	Sn	Al
48.44	დანარჩენი	0.49	0.193	0.194	≤0.2	0.129	0.111	≤0.2
50.63	დანარჩენი	0.44	0.184	0.187	≤0.2	0.165	0.158	≤0.2
51.72	დანარჩენი	0.41	1.176	1.165	≤0.2	0.177	0.133	≤0.2
50.89	დანარჩენი	0.47	0.181	0.184	≤0.2	0.146	0.139	≤0.2
48.91	დანარჩენი	0.46	0.195	0.191	≤0.2	0.131	0.159	≤0.2

**8.3. სპილენძ-მანგანუმის ლიგატურის ქიმიური შემადგენლობა: რენტგენ-ფლუორესცენტული ანალიზის მონაცემები.**

**დანართი 9.**

კაზმის ძირითადი სიდური და აღმდგენელი კომპონენტები	აღმდგენელი (Al)		ლიგატურის ქიმიური შემადგენლობა										სპილენძის ამოღება, %	მანგანუმის ამოღება, %	რენტგენ-ტაბელობა, %
	დისპერსულობა, მკმ	ფხვნილის ბურბუშელით ჩანაცვლება, %	4	5	6	7	8	9	9	10	11	12			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11	12	10	11	12
ალუმინის ფხვნილი <sup>1-3</sup> სპილენძის ოქსიდის	50-100	0	As	Cu	Fe	Mn	Ni	Sb	Pb	Sn	Zn	სხვა	94,4	97.3	22.5
	50-100	20	28-32	66.5-70.5	0,2	0,2	0,2	0,35	0,1	0,05	0,2	0,05	96,3	98.2	28.0
	50-100	40											93.8	96,2	36.7
(8200 \$ :															

ფხვნის <sup>4</sup> ალუმინის ბურბუმელა <sup>7</sup>																					6000 \$)
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------

1. ალუმინის ფხვნის: „ავიამეტალი“, სამარა, რუსეთი, 3,8 \$/კგ; ალუმინის ფხვნის:  
Hunan Jinhao Aluminum Industrial Co., Ltd., ჩინეთი, 3,6 \$/კგ;
  2. ალუმინის ფხვნის: საკუთარი წარმოება, საქართველო, 1,7 \$/კგ;
  3. ალუმინის ბურბუმელა: უკრაინა, რუსეთი, ჩინეთი, 0.9 \$/კგ.
9. 1. სპილენძ-დარიშხანის ლიგატურის წარმოების რენტაბელობის მაჩვენებლები.

პროექტის სამეცნიერო ხელმძღვანელი

არჩილ ჭირაქაძე

პროექტის მენეჯერი

ზაქარია ბუაჩიძე

10.08. 2016