

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

მერაბ ცირდავა

მცირე და საშუალო სიმძლავრის მადანაღმდგენი
ღუმელების ოპტიმალური ელექტრული პარამეტრების
შემუშავება, კვლევა და სამრეწველო ათვისება

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი დისერტაციის

ა ვ ტ ო რ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი
2012 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის მეტალურგიის, მასალათმცოდნეობისა და ლითონების დამუშავების დეპარტამენტის შავი ლითონების მეტალურგიის მიმართულებაზე

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფ. ზურაბ სიმონგულაშვილი

რეცენზენტები: -----

დაცვა შედგება ----- წლის „-----“ -----, ----- საათზე საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის -----
----- ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს სხდომაზე, კორპუსი -----, აუდიტორია -----
მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 69.

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო ავტორეფერატის – ფაკულტეტის ვებ-გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი -----

სამუშაოს ზოგადი დახასიათება

ჩვენი ქვეყნის მანგანუმიანი ფეროშენადნობების წარმოების არსებული მდგომარეობიდან გამომდინარე, განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს შენადნობების მიღება და მათი ხარისხის გაუმჯობესება როგორც დიდ, ასევე მცირე და საშუალო სიმძლავრის ღუმელებით აღჭურვილ მინი-საწარმოებში, რომელთა როლი და მნიშვნელობა ბოლო წლებში განუხრელად იზრდება.

თავისი მაღალეფექტურობის გამო თანამედროვე, ახალი მინი-საწარმოების განთავსების და ფუნქციონირების გეოგრაფია საკმაოდ ფართოა. საბაზრო ეკონომიკის პირობებში მინი ქარხნების მუშაობის პრაქტიკამ, დიდ ქარხნებთან შედარებით, გვიჩვენა მისი მაღალი ეფექტურობა, მანევრულობა და მომხმარებლის მოთხოვნაზე სწრაფი რეაგირების უნარი. ახალი ტექნიკის და ტექნოლოგიების დანარგვის სიადვილე, დაბალი კაპიტალური, მატერიალური და ენერგეტიკული დანახარჯები, მათი განლაგების შესაძლებლობა სატრანსპორტო მაგისტრალების სიახლოვეს, აი ის უპირატესობები, რომლებიც ასეთ ქარხნებს გააჩნიათ. აღნიშნული ქარხნები იყენებენ რა უფრო სუფთა ტექნოლოგიურ პროცესებს, მათ შესაძლებლობა ეძლევათ მნიშვნელოვნად შეამცირონ გარემოს დაცვისათვის განკუთვნილი ხარჯები.

ამჟამად საქართველოში ფუნქციონირებს 10 მინი-ფეროშენადნობთა ქარხანა, რომლებშიდაც დამონტაჟებულია 2,5-9,0 მვა სიმძლავრის ღუმელები, რომელთა ჯამური სიმძლავრე 70 მვა აღემატება. ამავე დროს აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ თითქმის ყველა ეს საწარმო აშენდა ქაოტურად, ყოველგვარი პროექტირების, ტექნიკო-ეკონომიკური, ელექტრული, გეომეტრიული და ტექნოლოგიური პარამეტრების მეცნიერული დასაბუთების გარეშე. რადგანაც ბოლო ათწლეულებში ფეროშენადნობთა წარმოების აქცენტი გადატანილი იყო მძლავრი და ზემძლავრი ღუმელების დაპროექტებაზე და ათვისებაზე, ამიტომ ლიტერატურაში არ მოიპოვება ან მეტად მწირია მონაცემები მცირე და საშუალო სიმძლავრის ღუმელების პარამეტრებზე და მათში მიმდინარე პროცესების თავისებურებებზე.

ამრიგად, სამუშაოში დასმული პრობლემის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ მცირე და საშუალო სიმძლავრის მადანთერმული ღუმელებისათვის დამუშავდეს და შეირჩეს ოპტიმალური პარამეტრები. იმის გათვალისწინებით, თუ რა როლს თამაშობს ქვეყნის ეკონომიკაში ასეთი მინი-საწარმოები და მათი ზრდის პერსპექტივები – ნათელია და დასაბუთებულია პრობლემის აქტუალობა.

სამუშაოს მიზანი:

მდგომარეობს მცირე და საშუალო სიმძლავრის მადანაღმდგენ ღუმელებში სილიკომანგანუმის მიღების ტექნოლოგიის სრულყოფა მეცნიერულად დასაბუთებული ელექტრული, გეომეტრიული და ტექნოლოგიური პარამეტრების ოპტიმიზაციით, რომელიც უზრუნველყოფს მანგანუმის ამოკრეფის გაზრდას და დნობის სხვა ძირითადი მახასიათებლების გაუმჯობესებას. გარდა ამისა, მომზადდეს შესაბამისი ტექნიკური დავალება და გაიცეს რეკომენდაციები პროექტირებისათვის.

კვლევის ძირითადი ამოცანები:

- სხვადასხვა სიმძლავრის მადანაღმდგენ ღუმელებში სილიკომანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგიური თავისებურებების ანალიზი, ღუმელში გამავალ დენებთან და გეომეტრიულ ზომებთან კავშირში.
- მადნების, კონცენტრატების, სხვადასხვა ნახშირბადშემცველი აღმდგენელების და კაზმების ელექტროწინაღობების გამოკვლევა.
- მადანაღმდგენ ღუმელებში ელექტრული ველების განაწილება და მისი გავლენის შესწავლა სილიკომანგანუმის მიღების პროცესზე.
- მცირე და საშუალო სიმძლავრის მადანაღმდგენი ღუმელების ოპტიმალური ელექტრული და გეომეტრიული პარამეტრების დადგენა და მათი განსაზღვრის რაციონალური მეთოდების შემუშავება.
- სილიკომანგანუმის და დაბალფოსფორიანი წილის მიღების ტექნოლოგიის დამუშავება და ათვისება მცირე სიმძლავრის ღუმელებში სხვადასხვა მადნების, წარმოების ნარჩენების და აღმდგენელების გამოყენებით.

კვლევის მეთოდები:

დასმული პრობლემის გადაწყვეტის ძირითადი მეთოდი მდგომარეობს უკვე არსებული, კარგად მომუშავე ღუმელების პარამეტრების გაანალიზებაში და ცალკეული მონაცემების გაუმჯობესებაში მეცნიერული და ექსპერიმენტული კვლევების შედეგების გათვალისწინებით.

მეცნიერული სიახლე:

თეორიული დასაბუთებით და ექსპერიმენტული გამოკვლევების საფუძველზე პირველად იქნა შესწავლილი მცირე და საშუალო სიმძლავრის მადანაღმდგენ ღუმელებში ელექტრული დენების განაწილება და მისი გავლენა აბაზანის საერთო ელექტროწინააღმდეგობაზე. ასეთი ღუმელებისათვის შემუშავდა ელექტრული და გეომეტრიული პარამეტრების გამოთვლის ახალი, გამარტივებული მეთოდი. ანალიტიკური დამოკიდებულებების, პროცესის მოდელირების და ექსპერიმენტული სამრეწველო დნობების საფუძველზე ნაჩვენებია ღუმელების სიმძლავრის გაზრდის პრაქტიკული შესაძლებლობა და ელექტროტექნოლოგიური პარამეტრების გაუმჯობესება მხოლოდ აბაზანის ელექტროწინააღმდეგობის და ძაბვის გაზრდის საშუალებით, ელექტროდის დიამეტრის გაუზრდელად.

სამუშაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა: დისერტაციაში დასმული პრობლემის გადაწყვეტა საშუალებას მოგვცემს დავამუშაოთ ტექნიკურად სრულყოფილი და ეკონომიკურად გამართლებული მცირე და საშუალო სიმძლავრის მადანაღმდგენი ღუმელების პროექტები, გააუმჯობესოთ და დაეხვეწოთ მანგანუმიანი ფეროშენადნობების მიღების შესაბამისი ტექნოლოგიები. მშენებარე ღუმელებისათვის გავცეთ ტექნიკური დასაბუთებები, მოდერნიზაცია გაუკეთოთ უკვე არსებულ ღუმელებს, რათა მათი ტექნიკო-ეკონომიკური მახასიათებლები შეესაბამებოდეს ტექნიკის და ტექნოლოგიების თანამედროვე მოთხოვნებს.

თუ გაითვალისწინებთ ადგილობრივი მინი-საწარმოების რაოდენობას და მისი ზრდის პერსპექტივებს, აგრეთვე ჩვენი მეზობელი ქვეყნების დაინტერესებას აღნიშნული პრობლემით, რომლებსაც ფეროშენადნობთა წარმოების ჩვენზე გაცილებით ნაკლები ტრადიციები

და გამოცდილება აქვთ, ნათელი ხდება შექმნილი პროდუქტით (პროექტებით) ადგილობრივი და საერთაშორისო ბაზრების დაინტერესება.

სამუშაოს აპრობაცია: სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენდა და განხილულ იქნა: „საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის მე-2 საერთაშორისო კონფერენციაზე“ (თბილისი, 2009წ.), საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკულ კონფერენციაზე „ინოვაციური ტექნოლოგიები და თანამედროვე მასალები“ (ქუთაისი, 2010წ.), საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციაზე „გარემოს და ცვა და მდგრადი განვითარება“ (თბილისი, 2010წ.).

პუბლიკაციები: სადისერტაციო სამუშაოს ძირითადი დებულებები და შედეგები გამოქვეყნებულია 11 სამეცნიერო ნაშრომში.

სამუშაოს მოცულობა: სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შემდეგი ნაწილებისაგან: შესავალი, ოთხი თავი და დასკვნა. შეიცავს რეზიუმეს, შინაარსს, 31 ნახაზს, 14 ცხრილს, 10 სურათს, ციტირებული ლიტერატურის ნუსხას 99 წყაროს დასახელებით და 3 დანართს. დისერტაცია წარმოდგენილია თაბახის 115 ფურცელზე.

სამუშაოს ძირითადი შინაარსი

თავი 1. სილიკომანგანუმის გამოდნობის

ტექნოლოგიური თავისებურებების ანალიზი

მანგანუმიანი ფეროშენადნობების წარმოება დამყარებულია ნახშირბადთერმული და სილიკოთერმული მეთოდებით მანგანუმის აღდგენაზე მისი მადნებიდან და კონცენტრატებიდან.

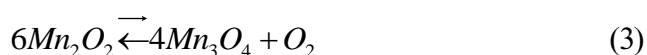
ერთ-ერთი ძირითადი მანგანუმიანი შენადნი, რომელიც ელექტროლუმელებში გამოდნება არის სილიკომანგანუმი, რომელიც გამოიყენება ფოლადების განჟანგვისა და ლეგირებისათვის. თავისი ქიმიური შედგენილობით იგი უნდა აკმაყოფილებდეს მოქმედ სტანდარტებს. სილიკომანგანუმში მანგანუმის ფარდობა სილიციუმთან მერყეობს 2,3-6,5 ზღვრებში, რაც შეესაბამება, როგორც აშშ, იაპონიის,

ჩინეთის, გერმანიისა და სხვა ქვეყნების სტანდარტებს, ასევე რიგი მკვლევარების რეკომენდაციებს.

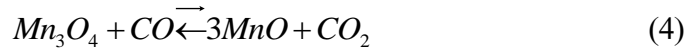
ამჟამად, ჩვენს ქვეყანაში მოქმედი, როგორც დიდი, ასევე მცირე საწარმოები მუშაობენ სხვადასხვა ხარისხის და გენეზისის მადნებზე, კონცენტრატებზე და წარმოების ნარჩენებზე. მათში მანგანუმის და ფოსფორის შემცველობა, როგორც აბსოლუტური ასევე ფარდობითი (%P/%Mn) მნიშვნელობით იცვლება დიდ დიაპაზონში. მიუხედავად იმისა, რომ აღნიშნულ ქარხნებში ტექნოლოგიური პროცესები დამაკმაყოფილებლადაა ორგანიზებული, მანგანუმის სასარგებლო გამოყენება მერყეობს 68-73%, სილიციუმის კი 40-42% ფარგლებში, რაც სრულიად ვერ პასუხობს დღევანდელ მოთხოვნებს.

სხვა მიზეზებთან ერთად ყოველივე ეს გამოწვეულია იმით, რომ მანგანუმის და სილიციუმის აღდგენა ატარებს საპირისპირო ხასიათს. ერთის მხრივ, მანგანუმის სრულად და ღრმად აღსადგენად საჭიროა მაღალფუძიანი კაზმი, რაც თავისთავად ხელს უშლის სილიციუმის აღდგენას. პრაქტიკულად ამ ამოცანის გადაწყვეტა შესაძლებელია დნობისათვის კაზმის მომზადების რაციონალური მეთოდების გამოყენებით, წილის ოპტიმალური შედგენილობის შერჩევით, დნობის სწორი ელექტრული რეჟიმებით და ტემპერატურით.

სილიკომანგანუმის მიღების პროცესი დამყარებულია მადნებიდან და კონცენტრატებიდან მანგანუმის და სილიციუმის ერთდროულ აღდგენაზე. დაბალ ტემპერატურებში ხდება მადნის მანგანუმშემცველ მინერალებში არსებული მანგანუმის ოქსიდების, როგორც თერმული დისოციაცია, ასევე მისი არაპირდაპირი აღდგენა MnO -მდე, შემდეგი სქემით და რეაქციებით:



Mn_3O_4 ურთიერთქმედებს ღუმელის სარეაქციო ზონიდან გამოძვავალ აირებთან (CO) და ადვილად აღდგება MnO -მდე შედარებით დაბალ ტემპერატურებზე:



ტექნოლოგიური პროცესის სწორად მიმდინარეობის დროს ლუმელის მაღალ ტემპერატურულ ზონაში ხვდება მანგანუმის მაღანი, რომელშიდაც მანგანუმი იმყოფება მონოოქსიდის (MnO) სახით, რომლის აღდგენა მიმდინარეობს მხოლოდ მყარი ნახშირბადით:



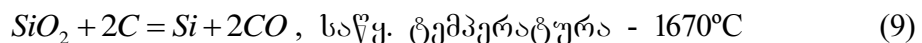
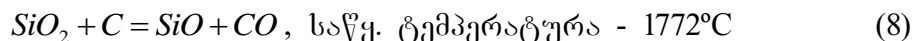
ეს რეაქცია მიმდინარეობს სითბოს შთანთქმით და მისი საწყისი ტემპერატურაა $1420^\circ C$.

მანგანუმი ნახშირბადთან წარმოქმნის მტკიცე ნაერთს, მანგანუმის კარბიდს - Mn_xC_y , რომლის მიღების საწყისი ტემპერატურაა $1324^\circ C$.

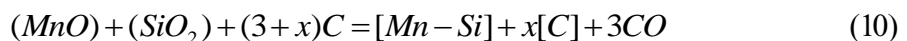


ამიტომ, როგორც ვხედავთ MnO -ს ნახშირბადით აღდგენისას ჯერ წარმოიქმნება მანგანუმის კარბიდი შემდეგ კი - ლითონური მანგანუმი.

სილიციუმის აღდგენა მიმდინარეობს შემდეგი რეაქციებით:



სილიკომანგანუმის წარმოქმნის ჯამური რეაქცია, რომლის დროსაც მიმდინარეობს ნახშირბადით მანგანუმის და სილიციუმის პარალელური აღდგენა, შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სქემის სახით:



რეაქციის პროდუქტების შედგომის შედეგად წარმოიქმნება შენადნი $68-74\% Mn$ და $14-22\% Si$. იმის გამო, რომ მანგანუმის სილიციდები უფრო მტკიცე ნაერთებია ვიდრე კარბიდები, ამიტომ ნახშირბადის შემცველობას შენადნში განსაზღვრავს სილიკომანგანუმში სილიციუმის რაოდენობა.

სუფთა ოქსიდების MnO და SiO_2 აღდგენისაგან განსხვავებით, სილიკომანგანუმის დნობის დროს აღდგენა ძირითადად მიმდინარეობს მანგანუმის სილიკატებიდან, ტეფროიტიდან ($2MnO \cdot SiO_2$) და

როლონიტიდან ($MnO \cdot SiO_2$). MnO და SiO_2 ურთიერთქმედება $1100^{\circ}C$ ტემპერატურაზე უკვე ინტენსიურად მიმდინარეობს. გარდა ამისა, მნიშვნელოვანი ხარისხით აღდგენა MnO კარბილამდე, როგორც ზემოთ იქნა აღნიშნული შემჩნევა $1279^{\circ}C$, ე.ი. მნიშვნელოვნად უფრო დაგვიანებით ვიდრე მანგანუმის სილიკატები წარმოიქმნება. აღსანიშნავია ისიც, რომ მანგანუმის არსებობისას მნიშვნელოვნად უმჯობესდება კაუმიწის აღდგენა. ახლად აღდგენილი მანგანუმი გვევლინება როგორც დამლექი საშუალება აღდგენილი სილიციუმისათვის, ისევე როგორც რკინა ფეროსილიციუმის გამოდნობის შემთხვევაში.

მანგანუმის და სილიციუმის ერთდროული აღდგენა განპირობებულია ტექნოლოგიური პროცესით, ამიტომ სილიკომანგანუმის გამოდნობისას აუცილებელია მიღწეულ იქნას არა მარტო მანგანუმის არამედ სილიციუმის ღრმა აღდგენა.

მაგრამ იმის გამო, რომ უკანასკნელ წლებში ფეროშენადნობთა წარმოება ძირითადად ხდება დაბალხარისხიანი, ხშირად მაღალრკინაშემცველი და მაღალფოსფორიანი ადგილობრივი და იმპორტირებული მადნებიდან და კონცენტრატებიდან, მკვეთრად დაეცა წარმოების ტექნიკო-ეკონომიკური მაჩვენებლები და შენადნის ხარისხი. 3-6%-ით შემცირდა მანგანუმის ამოკრეფა, ხოლო ელექტროენერჯის ხარჯი 4200 კვტ.სთ/ტ-დან 5000 კვტ.სთ/ტ-მდე გაიზარდა. შესაბამისად გაიზარდა მანგანუმის წილაში გადასვლის ხარისხი, რაც ხშირად 20%-ს აღემატება. აღსანიშნავია ისიც, რომ წილებში მანგანუმი იკარგება არა მარტო ოქსიდური სახით, არამედ ლითონური ჩანართების სახით (5-8%). ყოველივე ამის ფონზე, ამჟამად შეიმჩნევა რა მანგანუმის კონცენტრატების მწვავე დეფიციტი და შესაბამისად მასზე გაზრდილი ფასები, ამიტომ მანგანუმის დანაკარგების შემცირება მისი გადამუშავების ყველა ეტაპზე წარმოადგენს მეტად აქტუალურ და მნიშვნელოვან ამოცანას.

მრავალი ნაშრომი, რომელიც მიძღვნილია სილიკომანგანუმის წარმოების ტექნიკო-ეკონომიკური და ხარისხობრივი მაჩვენებლების გასაზრდელად, ეხება ამ შენადნობის მიღებას მძლავრ (16,5-30,0მვა) და ზემძლავრ (48,0-75,0მვა) ღუმელებში და ძალზე მწირია ინფორმაცია

სილიკომანგანუმის წარმოებაზე მცირე (2,5-5,0მვა) და საშუალო სიმძლავრის (7-9მვა) ღუმელებში.

ვითვალისწინებთ რა იმას, რომ ამჟამად სილიკომანგანუმის გამოდნობის მნიშვნელოვანი წილი მოდის სწორედ მცირე და საშუალო სიმძლავრის ღუმელებზე და დიდია პერსპექტივა მისი კიდევ უფრო გაზრდისა, ჩვენი სამუშაოს ძირითად მიზანს წარმოადგენს სილიკომანგანუმის მიღების ტექნოლოგიის დახვეწა ასეთი ტიპის ღუმელებში (შესაბამისად ღუმელების ოპტიმალური გეომეტრიული და ელექტრული პარამეტრების დამუშავება), რომელიც საშუალებას მოგვცემს გავზარდოთ წარმოების ძირითადი მაჩვენებლები.

ამრიგად, მრავალრიცხოვანი ექსპერიმენტული გამოკვლევების და პრაქტიკული გამოცდილების მიუხედავად, ამჟამად, სილიკომანგანუმის მიღების ტექნოლოგიას, გააჩნია რიგი მნიშვნელოვანი ნაკლოვანებები და საჭიროებს დახვეწას. თუ გავითვალისწინებთ მანგანუმიანი ფეროშენადნობების წარმოების მოცულობის გაზრდას, შეიძლება დავასკვნათ, რომ უახლოეს პერსპექტივაში მანგანუმის რაციონალური გამოყენების პრობლემა დღის წესრიგში უფრო მწვავედ დადგება ვიდრე ამჟამად და მისი გადაწყვეტა წარმოადგენს მინერალური ნედლეულის გამოყენების გაუმჯობესებისა და სანედლეულო ბაზის გაფართოების ერთ-ერთ ძირითად მიმართულებას.

თავი 2. ფეროშენადნობთა წარმოებაში გამოყენებული ნედლი მასალების და კაზმების ელექტროწინააღობის გამოკვლევა

მანგანუმიანი ფეროშენადნობების გამოდნობის პროცესში მადანაღმდგენი ღუმელის მუშაობაზე უდიდეს გავლენას ახდენს გამოყენებული საკაზმე მასალების და კაზმების ელექტროწინააღობა. მაღალი ელექტროწინააღობა უზრუნველყოფს ღუმელში ელექტროდების ღრმა მდებარეობას და მნიშვნელოვნად ამცირებს ღუმელის ზედა ჰორიზონტებში დენების გაფანტვას. იგი საშუალებას იძლევა ელექტროენერჯის დანაკარგების გარეშე გავზარდოთ მუშა ძაბვა

ელექტროდებზე და შესაბამისად საღუმელე აგრეგატის სასარგებლო სიმძლავრე.

კაზმის საერთო ელექტროწინაღობა ძირითადად დამოკიდებულია ნახშირბადიანი აღმდგენელების და მადნის ოქსიდური კომპონენტების წინაღობაზე, ფრაქციულობაზე და კაზმში მათ თანაფარდობაზე. აქედან გამომდინარე ნათლად ჩანს თუ რა დიდი მნიშვნელობა აქვს საკაზმე კომპონენტების ელექტროწინაღობის შესწავლას.

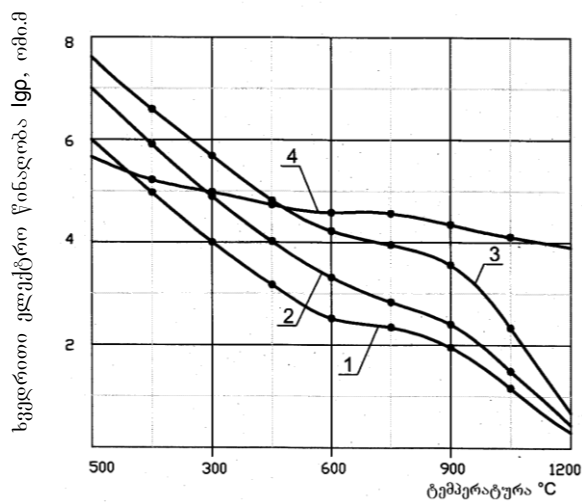
ჩვენს მიერ ელექტროწინაღობების გამოკვლევები ჩატარდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მეტალურგიის ინსტიტუტის მეთოდით, რომელიც საშუალებას იძლევა ავტომატურ რეჟიმში დააფიქსიროს საკვლევი ნიმუშის ელექტროწინაღობა შესაბამის ტემპერატურაზე.

ხვედრითი ელექტროწინაღობა გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

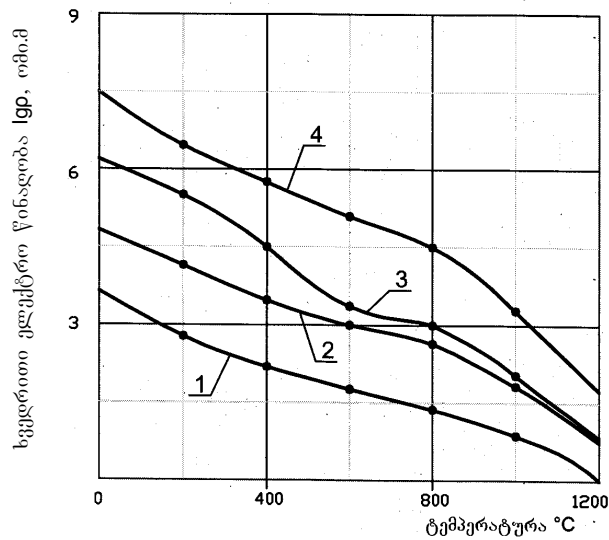
$$\rho = \frac{R \cdot S}{\ell}$$

- სადაც ρ - ხვედრითი ელექტროწინაღობა, ომი. მ;
 R - ნიმუშის ელექტროწინაღობა, ომი;
 S - ნიმუშის ფართობია, მ²;
 ℓ - ნიმუშის სიმაღლე, მ.

ელექტროწინაღობის ტემპერატურებზე დამოკიდებულების მრუდები, მოცემულია ნახაზებზე 1-6.



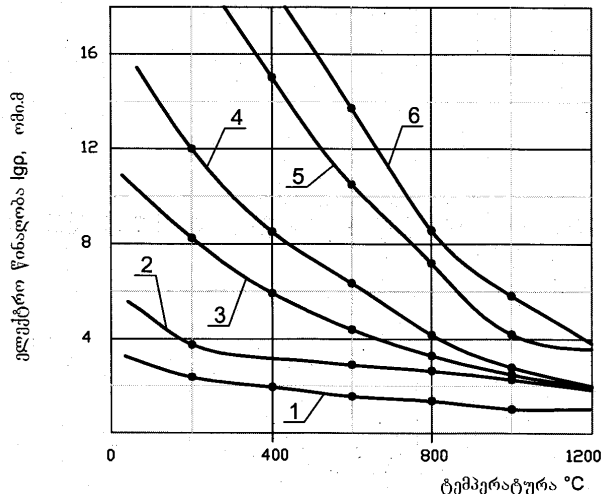
ნახ1. სხვადასხვა ხარისხის მადნების ელექტროწინაღობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე: 1 – Mn-49%; 2. – Mn-44%; 3. – Mn-35%; 4. – კვარციტი



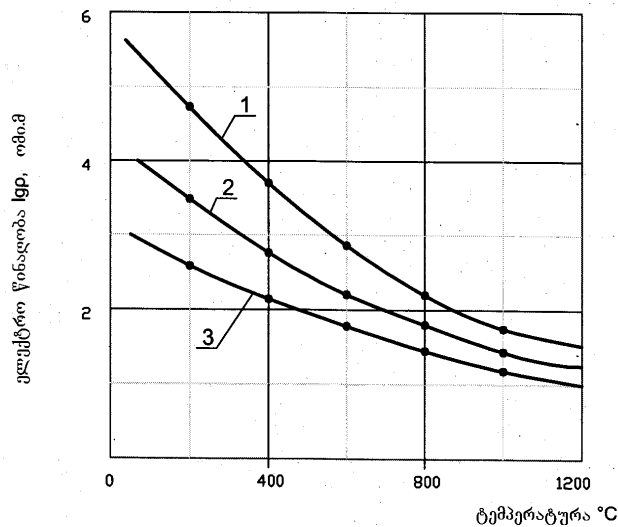
ნახ.4. სხვადასხვა შედგენილობის კაზმების ელექტროწინალობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე: 1. მადანი +100% კოქსი; 2. მადანი +70% კოქსი +30% ნახშირი; 3. მადანი+100% ნახშირი; 4. მადანი + 100% ნახშირი + კვარციტი

მრუდები ნახაზზე 1. გვიჩვენებს ელექტროწინალობის დამოკიდებულებას მადნის ხარისხზე და ტემპერატურაზე. მთელს ტემპერატურულ ინტერვალში ყველაზე დაბალი ელექტროწინალობა აქვს I ხარისხის მანგანუმის კონცენტრატს, - Mn - 49%, SiO_2 - 8,1%, ხოლო ყველაზე მაღალი - III ხარისხის კონცენტრატს Mn - 35,2%, SiO_2 - 21,8%. ეს აიხსნება იმით, რომ I ხარისხის კონცენტრატში დიდი რაოდენობითაა კარგად გამტარი მინერალი-პიროლუიზიტი (MnO_2). კონცენტრატში მანგანუმის რაოდენობის შემცირება და შესაბამისად კაუმიწის (SiO_2) რაოდენობის გაზრდა იწვევს მადნის ელექტროწინალობის გაზრდას.

ტყვარჩელის და ტყიბულის ნახშირების ელექტროწინაობების შესწავლით დადგინდა, რომ 400°C ტემპერატურამდე ნახშირები არიან დიელექტრიკები, ხოლო 400-900°C ტემპერატურებში მათი ელექტროწინაობა მკვეთრად ეცემა. შემდეგ კი შეიმჩნევა წინალობის ნელი ვარდნა.



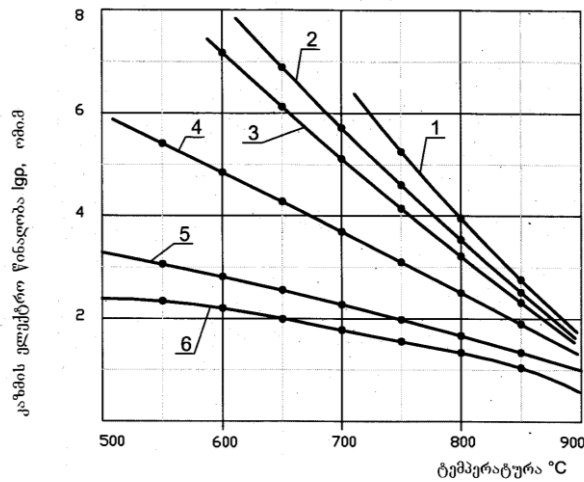
ნახ. 3. ნახშირბადიანი აღმდგენელების ელექტროწინალობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე და აქროლადი ნივთიერებების რაოდენობაზე:
 1 – კოქსწვრილა; 2 – ანტრაციტი; 3 – ნახევრადკოქსი;
 4 – ნავთობკოქსი; 5 – ტყვარჩელის ნახშირი; 6 – ტყიბულის ნახშირი.



ნახ. 4. სხვადასხვა ფრაქციის კოქსწვრილას ელექტროწინალობის ცვლილება 0-1200°C ტემპერატურულ ინტერვალში: 1– 0-5მმ; 2 – 5-20მმ; 3 – 20-25მმ

მადანაღმდგენი ფეროშენადნობთა ღუმელის მუშაობის რეჟიმის ერთ-ერთი ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორია ნახშირბადიანი აღმდგენელების თვისებები: რეაქციის უნარი, ფრაქციულობა და ელექტროწინალობა. აღმდგენელის სწორი შერჩევა უზრუნველყოფს ელექტროდის ღრმა ჩაჯდომას კაზმში, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს ღუმელის საკერძეზე თბურ დანაკარგებს. გარდა ამისა, მაღალი ელექტროწინალობის აღმდგენელების გამოყენება უზრუნველყოფს ღუმელის აბაზანაში სიმძლავრის უფრო თანაბარ განაწილებას.

იზრდება ელექტრული რკალის სიმძლავრე და მცირდება კაზმში გამავალი დენების მიერ გამოყოფილი სიმძლავრე. ჩვენს მიერ შესწავლილი იქნა რიგი ნახშირბადშემცველი აღმდგენელები, რომლებიც ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავდებიან აქროლადების შემცველობით.



ნახ. 5. კაზმების ელექტროწინალობის დამოკიდებულება გამოყენებულ აღმდგენელზე და ტემპერატურაზე: 1. ტეიბულის ნახშირი; 2. ტევარჩელის ნახშირი; 3. ნაფოტბოქსი; 4. ანტრაციტი; 5. კოქსწვრილა; 6. გრაფიტი

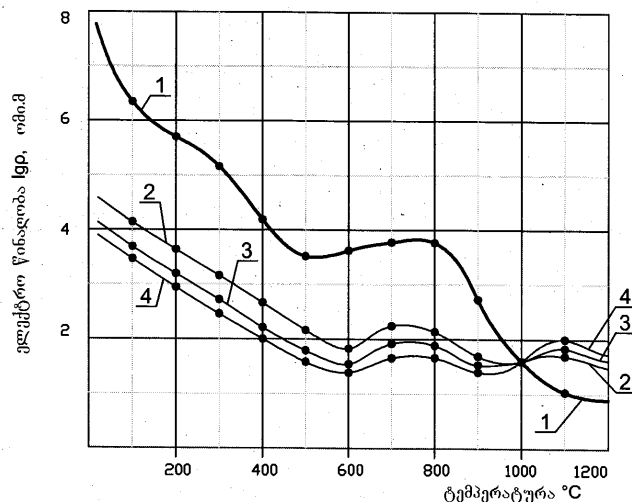
აღმდგენელებში აქროლადი ნივთიერებების რაოდენობა და მისი შედგენილობა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ლუმელის მუშაობაზე. აქროლადების დიდი რაოდენობა, ხდება რა მისი კონდენსაცია ლუმელის ზედა ჰორიზონტებში, იწვევს კაზმის თანაბარი სვლის დარღვევას და მისი აირგანვლადობის გაუარესებას (ხდება მისი შეცხობა).

გაზომვების შედეგებიდან ჩანს, რომ აღმდგენელების ელექტროწინალობა აქროლადების გამოსვლის კლებასთან ერთად მცირდება.

ფეროშენადნობთა ლუმელის მუშაობაზე აგრეთვე დიდ გავლენას ახდენს ნახშირბადიანი აღმდგენელის ფრაქციულობა. სხვადასხვა ფრაქციის კოქსის შესწავლამ გვაჩვენა, რომ ყველაზე მაღალი ელექტროწინალობა 0-1200°C ტემპერატურულ ინტერვალში აქვს 0-5მმ ფრაქციის კოქსს. მაგრამ ასეთი ფრაქციის კოქსის გამოყენება აუარესებს ლუმელის მუშაობას იმის გამო, რომ ამ დროს შესაძლებელია მოხდეს საკერძის შეცხობა. იგი დიდი რაოდენობით

წარიტაცება გამონაბოლქვი აირების მეშვეობით, რაც თავისთავად იწვევს კოქსის დიდ დანაკარგებს. 20მმ-ზე მეტი ფრაქციის კოქსის გამოყენება კი ზრდის ელექტროგამტარობას, შესაბამისად აუარესებს ელექტროდების კაზმში ჩაჯდომის სიღრმეს და არღვევს ღუმელის მუშაობის ნორმალურ რეჟიმს.

კაზმების ელექტროწინალობების გაზომვებს ვახდენდით იგივე მეთოდით, როგორც აღმდგენელების შემთხვევაში. კაზმის შედგენილობა გათვლილი იყო სილიკომანგანუმის ($Si - 17\%$) მისაღებად. ყველაზე მაღალი ელექტროწინალობა აქვს ტყიბულის ნახშირზე დამზადებულ კაზმს, შემდეგ მოდის ტყვარჩელის ნახშირზე და ნავთობის კოქსზე დამზადებული კაზმები.



ნახ. 6. სხვადასხვა ფრაქციის აფრიკის მადნების ელექტროწინალობის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე: 1 – 0-5მმ; 2 – 5-20მმ; 3 – 20-40მმ; 4 – +40მმ.

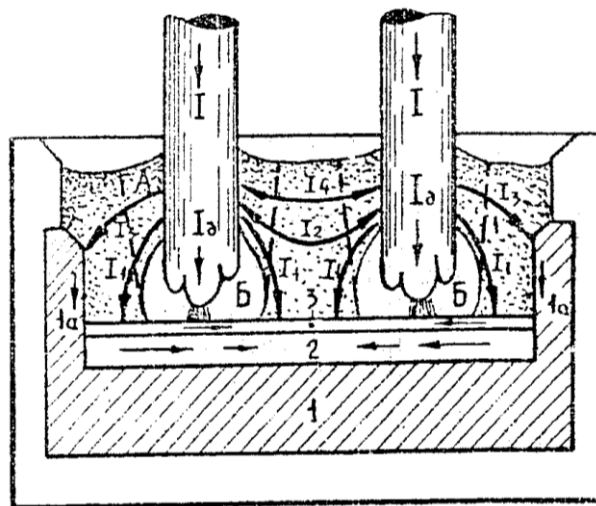
მოყვანილი მონაცემებიდან გამომდინარეობს ის, რომ კაზმების ელექტროწინალობა განისაზღვრება არა მარტო აღმდგენელების ელექტროწინალობით, არამედ თუ რა მოცულობითი რაოდენობითაა კაზმში აღმდგენელი.

განხილულ ტემპერატურულ ინტერვალში კაზმების ელექტროწინალობების მნიშვნელოვანი განსხვავება მოწმობს იმას, თუ რა დიდ როლს თამაშობს შენადნობის მიღების პროცესში აღმდგენელის სწორი შერჩევა, როგორც რაოდენობრივი, ასევე თვისობრივი თვალსაზრისით.

საბოლოოდ შეიძლება დაგასკვნათ, რომ ნახშირების გამოყენება, სილიკომანგანუმის გამოსადნობ კაზმში, არის პერსპექტიული მიმართულება დნობის მახასიათებლების ასამაღლებლად და თვითღირებულების შესამცირებლად.

თავი 3. საკაზმე მასალებში გამავალი დენების დამოკიდებულება ფეროშენადნობთა ღუმელის გეომეტრიულ ზომებზე

კვლევების ობიექტად ჩვენს მიერ აღებული იყო ქ. რუსთავის სხვადასხვა მცირე საწარმოში განლაგებული 3500-5000 კგტ სიმძლავრის სამფაზა მადანთერმული ღუმელები გრაფიტის ელექტროდების ტოლგვერდა სამკუთხედის წვერობში განლაგებით. ელექტროდების სიმეტრიული განლაგება საშუალებას გვაძლევს გამოვიყენოთ მადანთერმულ ღუმელებში დენების განაწილების კლასიკური სქემა (ნახაზი 7.), რომელსაც ჩვეულებრივ იყენებენ ელექტრული ველების გამოთვლების დროს.



ნახ. 18. მადანაღმდგენი ღუმელის აბაზანაში ელექტრული დენების განაწილების სქემა
 1-ნახშირის ბლოკები (ქვედი); 1a-ნახშირის ბლოკები (კედლის);
 2-ლითონი; 3-წიდა; A – ტიგელი; B – აირის (ელექტროდის ქვედა) არე.

გამოსაკვლევი ღუმელების ძირითადი პარამეტრებია

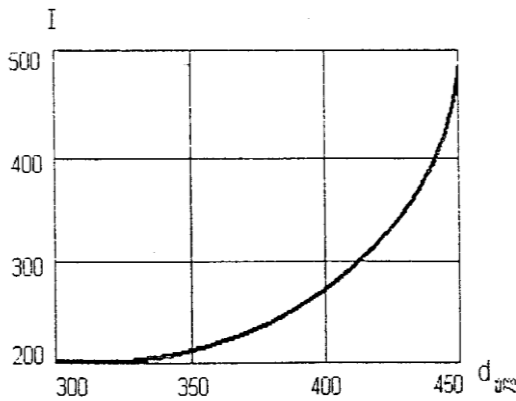
	I ღუმელი	II ღუმელი	III ღუმელი	IV ღუმელი
ელექტროდის დიამეტრი, მმ	300	350	400	450
განშლის დიამეტრი, მმ	1080	1140	1200	1320
აბაზანის დიამეტრი, მმ	2160	2280	2400	2640
აბაზანის სიღრმე, მმ	1200	1200	1200	1200

მესამე ღუმელის ზომები ყოველი ჩატარებული გამოთვლებისათვის მიღებულია, როგორც ნორმალური, ოპტიმალური.

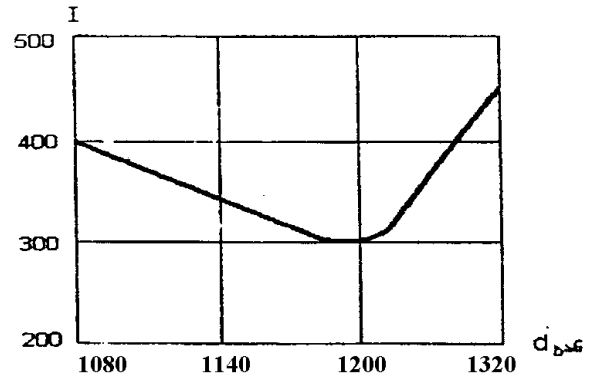
ჩვენს მიერ ჩატარებული ყველა გამოთვლა ჩატარებულია პირობით ერთეულებში, ამიტომაც კვლევების შედეგები შესაძლებელია ნებისმიერ ღუმელს მივაკუთვნოთ.

გამოთვლების პირველი სერია ჩატარდა ისეთ პირობებში, როდესაც ელექტროდების განშლის და ღუმელის აბაზანის დიამეტრი იყო მუდმივი ($d_{გან} - 1200$ მმ; $d_{აბ.ა} - 2400$ მმ), ხოლო ელექტროდის დიამეტრი ცვალებადი ($d_{ელ} - 300, 350, 400, 450$ მმ) (ნახაზი 8). როგორც ნახაზზე მოცემული გრაფიკი გვიჩვენებს, კაზმში გამავალი ჯამური დენი I იზრდება ელექტროდის დიამეტრის გაზრდასთან ერთად. ეს აიხსნება იმით, რომ ელექტროდის დიამეტრის გაზრდით მცირდება მანძილი მისი ზედაპირიდან ღუმელის გამტარ, გვერდით ამონაგს შორის და მცირდება მანძილი ელექტროდებს შორის. შესაბამისად მცირდება წინაღობა და იზრდება საკაზმე მასალებში გამავალი დენი.

გამოთვლების მეორე სერია ჩატარდა ელექტროდების განშლის დიამეტრიც ცვალებადობის პირობებში ($d_{გან} - 1080, 1140, 1200, 1320$ მმ იყო ცვალებადი, ხოლო $d_{ელ} - 400$ მმ და $d_{აბ.ა} - 2400$ მმ იყო მუდმივი) ეს პარამეტრი, როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა, ყველაზე მნიშვნელოვნად ახდენს ზემოქმედებას ღუმელის სამუშაო არეში განთავსებულ საკაზმე მასალებში გამავალ დენებზე. განშლის დიამეტრის ცვლილება (მისი გაზრდა ან შემცირება) ელექტროდის დიამეტრის ცვლილებასთან შედარებით იწვევს დენური დატვირთვების მკვეთრ რყევებს. ელექტროდების განშლის დიამეტრის შემცირებას თან ახლავს კაზმის დენების ცვალებადობის მაღალი ხარისხი (ნახაზი 9).



ნახ. 8. კაზმის დენების დამოკიდებულება ელექტროდის დიამეტრთან



ნახ. 9. კაზმის დენების დამოკიდებულება ელექტროდის განშლის დიამეტრთან

საკაზმე მასალებში გამავალი დენების თანაბარი განაწილების დარღვევა ღუმელში განშლის დიამეტრის გაზრდის შემთხვევაში გამოწვეულია დენის იმ ნაწილის გაზრდით, რომელიც მიმართულია ყოველი ელექტროდიდან ღუმელის გვერდითი გამტარი ამონაგისაკენ, ხოლო განშლის დიამეტრის შემცირების შემთხვევაში კი – დენის იმ ნაწილის გაზრდით, რომელიც მიმართულია მეზობელი ელექტროდების მიმართულებით.

ელექტროდების განშლის დიამეტრის შემცირებისას იზრდება ის დენი, რომელიც მიმართულია ყოველი მეზობელი ელექტროდებისაკენ და პირიქით – მცირდება ის დენი, რომელიც მიმართულია ელექტროდიდან ამონაგის მიმართულებით,

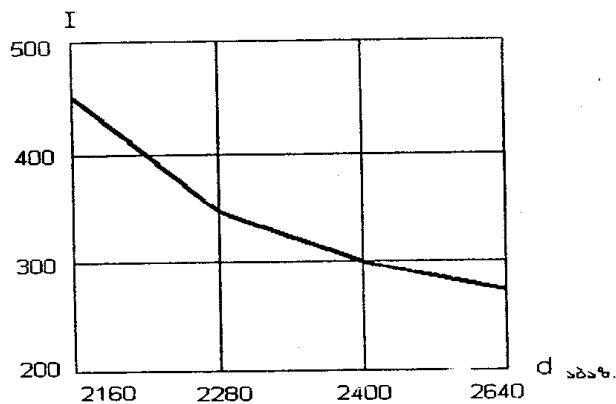
როგორც ნახაზიდან ჩანს, როდესაც ელექტროდების განშლის დიამეტრია 1200მმ, ე.ი. ოპტიმალური, მაშინ გვაქვს ელექტროდის გვერდითი ზედაპირიდან გამტარი კაზმისაკენ განშტოებული დენის მინიმალური მნიშვნელობა და შესაბამისად ამ კაზმის მაქსიმალური წინაღობა. გარდა ამისა ელექტროდის განშლის დიამეტრის ყოველგვარი გადახრა (როგორც გაზრდა, ასევე შემცირება) იწვევს დენის გაზრდას და შესაბამისად საკაზმე მასალების წინაღობის შემცირებას.

უნდა აღინიშნოს, რომ პრაქტიკაში ხშირად ცდილობენ გაზარდონ ღუმელის სამუშაო არის ელექტრული წრედის წინაღობა იმ

ანგარიშით, რომ ერთი და იგივე სიმძლავრის პირობებში ელექტროდებზე მოდიოდეს რაც შეიძლება მაღალი ძაბვა.

როგორც ცნობილია, მაღალ ძაბვებზე მუშაობა იწვევს ღუმელების მუშაობის ტექნიკური მაჩვენებლების გაუმჯობესებას, რაც გამოწვეულია ელექტრული დანაკარგების შემცირებით და სიმძლავრის კოეფიციენტის გაზრდით.

გამოთვლების მესამე სერია ჩატარებულ იქნა იმ შემთხვევისათვის, როდესაც იცვლებოდა ღუმელის აბაზანის დიამეტრი ($d_{აბაზ}$ - 2160; 2280; 2400; 2640მმ), ხოლო $d_{კლ}$ - 400მმ და $d_{გან}$ - 1200მმ იყო მუდმივი. როგორც ნახაზზე 10. მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, ღუმელის აბაზანის დიამეტრის გაზრდით საკაზმე მასალებში გამავალი დენი მცირდება. ეს აიხსნება იმით, რომ აბაზანის დიამეტრის გაზრდით, იზრდება მანძილი ელექტროდსა და ღუმელის გვერდით ამონაგს შორის. ამის გამო იზრდება წინაღობა და მცირდება დენის ის მდგენელი, რომელიც ამ მიმართულებით მიედინება.



ნახ. 22. კაზმის დენების დამოკიდებულება ღუმელის აბაზანის დიამეტრთან

ჩატარებულ გამოკვლევებზე და შესრულებულ გამოთვლებზე დაყრდნობით შეიძლება დავასკვნათ, რომ ჩვენს მიერ შერჩეული (მესამე ღუმელი) ღუმელის გეომეტრიული ზომები ყველაზე მეტად უზრუნველყოფს დენების თანაბარ განაწილებას ელექტროდების გარშემო და საკაზმე მასალების წინააღობის ყველაზე მაღალ მაჩვენებელს.

**თავი 4. ფეროშენადნობთა ღუმელების ელექტრული
და გეომეტრიული პარამეტრების
გაანგარიშება**

ელექტრული პარამეტრების ანგარიში

ანგარიში წარმოებს შემდეგი თანმიმდევრობით:
ტრანსფორმატორის სიმძლავრე განისაზღვრება ფორმულით

$$W = \frac{G \cdot A}{24K \cdot \cos \varphi} \text{ კვტ;} \quad (1)$$

სადაც: G – ღუმელის წარმადობა, ტ/დღე-ღამეში;
 24 – საათების რაოდენობა დღე-ღამეში, სთ;
 $\cos \varphi$ – ელექტროღუმელის სიმძლავრის კოეფიციენტი;
 K – კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს ღუმელის გაჩერებებს
და ელექტრული რეჟიმის რყევებს. აიღება 0,93-0,95.
 A – ელექტრო ენერჯიეს ხვედრითი ხარჯი, კვტ.სთ/ტ (აიღება
პრაქტიკული მონაცემების მიხედვით).

შემდეგ განისაზღვრება ღუმელის აბაზანაში გამოყოფილი
სასარგებლო სიმძლავრე:

$$P_{\text{საბ}} = W \cdot \cos \varphi \cdot r_{\text{ელ}} \text{ კვტ;} \quad (1)$$

$r_{\text{ელ}} \cdot \cos \varphi$ საანგარიშო სიდიდე 3500-5000 კვა სიმძლავრის
ღუმელებისათვის ტოლია 0,8.

სასარგებლო მუშა ძაბვა ტოლია:

$$U_{\text{საბ}} = 6,5 \sqrt{P_{\text{საბ}}}, \text{ ვოლტი} \quad (2)$$

ტრანსფორმატორის მეორადი ხაზური ძაბვა შეადგენს:

$$U_{\text{ბაბ}} = \frac{U_{\text{საბ}} \cdot \sqrt{3}}{r_{\text{ელ}} \cos \varphi}, \text{ ვოლტი} \quad (3)$$

ძაბვის სფეხურების რიცხვი გამოითვლება ფორმულით:

$$n = \frac{1,2U_{\text{ბაბ}} - 0,75U_{\text{საბ}}}{4 \div 6} + 1 \quad (4)$$

დენის ძალა ელექტროდზე:

$$I_{\text{ელ}} = \frac{P_{\text{საბ}}}{3U_{\text{საბ}}}, \text{ კ ამპერი} \quad (5)$$

აბაზანის აქტიური წინაღობა ტოლია:

$$R_{აბაზ} = \frac{U_{სას}}{I_{ელ}}, \text{ მ ომი} \quad (6)$$

ელექტროდზე დენის ძალის მნიშვნელობიდან განისაზღვრება მისი დიამეტრი:

$$d_{ელ} = \frac{\exists\Pi_1 \cdot I}{U_{სას}}, \text{ მმ} \quad (7)$$

$\exists\Pi_1$ მნიშვნელობები მოცემულია სპეციალურ ცნობარებში.

ელექტროდის დიამეტრის შერჩევის სისწორე მოწმდება დენის ძალის დასაშვები სიმკვრივის მიხედვით (j , ა/სმ²)

$$j_{საანგ} = \frac{4I}{\pi \cdot d_{ელ}^2}, \text{ ა/სმ}^2 \quad (8)$$

მოწმდება აგრეთვე $\cos \varphi$ გაანგარიშება:

$$\cos \varphi_{საანგ} = \sqrt{1 - \left(\frac{X}{R_{აბ}} \right)^2} \quad (9)$$

სადაც $R_{აბ}$ – აბაზანის აქტიური წინაღობაა, ხოლო
 X – რეაქტიული წინაღობა.

ღუმელის გეომეტრიული პარამეტრების ანგარიში

ღუმელის გეომეტრიული პარამეტრების განსაზღვრა წარმოებს ელექტრული მახასიათებლების ანგარიშის შემდეგ. ელექტრული მახასიათებლების და გეომეტრიული პარამეტრების დამაკავშირებელ სიდიდეს წარმოადგენს ელექტროდის დიამეტრი. გეომეტრიულ პარამეტრებს მიეკუთვნებიან:

$D_{გან}$ – ელექტროდის განშლის დიამეტრიც, მმ;

δ – კედლის ამონაგის სისქე ქვედათან, მმ;

D – აბაზანის დიამეტრი საკერძესთან, მმ;

$D_{ელ}$ – ელექტროდის დიამეტრი, მმ;

L – აბაზანის სიღრმე, მმ;

B – ელექტროდებს შორის მანძილი, მმ;

$D_{ბლ}$ – აბაზანის დიამეტრი ნახშირის ბლოკების დონეზე, მმ;

$H_{ბლ}$ – ნახშირის ბლოკების სიმაღლე, მმ;

H – ელექტროდის კაზმში მდებარეობის სიმაღლე, მმ

f – მანძილი ელექტროდსა და კედლის ამონაგს შორის, მმ.

გეომეტრიული პარამეტრების ანგარიში წარმოებს გეომეტრიული მსგავსობის პრინციპის შესაბამისად. მიღებულია, რომ მრგვალ სამელექტროდიან ღუმელში ელექტროდები განლაგებული არიან ტოლგვერდა სამკუთხედის წვეროებზე.

ცხრილში 1. მოცემულია ფეროშენადნობთა ღუმელებისათვის გეომეტრიული მსგავსობის კრიტერიუმის მნიშვნელობები.

ცხრილი 1. გეომეტრიული მსგავსობის კრიტერიუმების მნიშვნელობები

გეომეტრიული პარამეტრი	კრიტერიუმის აღნიშვნა	კრიტერიუმის სიდიდე
ელექტროდებს შორის მანძილი, (B)	B'	2,24-3,02
აბაზანის დიამეტრი საკერძესთან, (D)	D'	5,80-6,00
აბაზანის დიამეტრი ნახშირის ბლოკების დონეზე, ($D'_{ბლ}$)	$D'_{ბლ}$	5,60-5,80
აბაზანის სიღრმე, (L)	L'	2,0-2,50
ნახშირის ბლოკების სიმაღლე, ($H'_{ბლ}$)	$H'_{ბლ}$	0,95-1,10
ელექტროდის კაზმში მდებარეობის სიმაღლე, (H)	H'	0,85-1,25
ელექტროდების განშლის დიამეტრი, ($D'_{გან}$)	$D'_{გან}$	2,2-3,0

ნებისმიერი გეომეტრიული პარამეტრი (Π) განისაზღვრება შემდეგი თანაფარდობიდან:

$$\Pi = \Pi' \cdot d_{კლ} \quad (1)$$

მაგალიდად, ელექტროდებს შორის მანძილი

$$B = B' \cdot d_{კლ} \quad (2)$$

ამგვარად განისაზღვრება ყველა გეომეტრიული პარამეტრი.

ელექტროდების განშლის დიამეტრი დამოკიდებულია პროცესის თავისებურებებით და უწყვეტი პროცესებისათვის მადანადმდგენელი ღუმელებისათვის იღებენ სამთან ახლო მნიშვნელობას, ხოლო პერიოდული პროცესებისათვის კი – ორთან ახლოს. შესაბამისად მანძილი ელექტროდებს და ამონაგს შორის აიღება:

$$f = 0,95 \div 1,2d_{კლ} \quad (3)$$

აბაზანის დიამეტრი ნახშირის ბლოკების სიმაღლეზე:

$$D_{ბლ} = D_{გან} + 2,7d_{კლ} \quad (4)$$

ღუმელის გარცმის დიამეტრი გამოითვლება შემდეგი ტოლობით:

$$D_{გარ} = D_{ბლ} + 2\delta, \quad (5)$$

სადაც δ – არის ამონაგის სისქე ნახშირის ბლოკების სიმაღლეზე. იგი განისაზღვრება ღუმელის სიმძლავრის და პროცესის ტექნოლოგიური თავისებურებებით. არსებული პროცესებისათვის მას პრაქტიკული გამოცდილებიდან ირჩევენ.

ამრიგად, ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდიკით ჩატარებული გაანგარიშებები საშუალებას გვაძლევს განვსაზღვროთ მადანადმდგენი ღუმელის ეკონომიკურად გამართლებული ოპტიმალური პარამეტრები, მათზე დნობის ძირითადი ფაქტორების გავლენის გათვალისწინებით.

დასკვნა

1. ჩვენი ქვეყნის მანგანუმთან ფეროშენადნობების მრეწველობის გაფართოების მიზნით ჩატარებულ გამოკვლევებზე დაყრდნობით, შემოთავაზებულია სილიკომანგანუმის წარმოების გაზრდა მცირე და საშუალო სიმძლავრის მადანადმდგენი ღუმელებით. გაანალიზებულია მინი საწარმოების როლი და მნიშვნელობა ახალი ტექნიკის და ტექნოლოგიების დანერგვის და დნობის ტექნიკო-ეკონომიკური მახასიათებლების გაზრდის თვალსაზრისით.
2. ლიტერატურულ მონაცემებზე დაყრდნობით განხილულია მადანადმდგენი ღუმელების კონსტრუქციული, ელექტრული და ტექნოლოგიური პროცესების თავისებურებანი. ნაჩვენებია ღუმელის ძირითადი პარამეტრების შერჩევის მეთოდიკა. დადგენილია თუ როგორ ნაწილდება დენები და ძაბვები ღუმელის აბაზანაში და როგორია ელექტრული დანაკარგები, როგორც თვისობრივი ისე რაოდენობრივ თვალსაზრისით. ყველა ეს გამოკვლევები ეხება მძლავრ ღუმელებს და ლიტერატურაში არ მოიპოვება, ან მეტად მწირია მონაცემები მცირე და საშუალო სიმძლავრის ღუმელებში მიმდინარე პროცესებზე.
3. შესწავლილია ფეროშენადნობთა წარმოებაში გამოყენებული მასალების (მადნები, ნახშირბადიანი აღმდგენელები, ფლუსები) და კაზმების ელექტროწინაღობა. დადგენილია, რომ მადნებში ელექტროგამტარ მინერალს წარმოადგენს პიროლუიზიტი და მათი ელექტროწინაღობა იცვლება მადნის ხარისხის უკუპროპორციულად. რაც მეტია კონცენტრატებში SiO_2 -ის შემცველობა, მით მეტია მათი წინაღობა. აღმდგენელების ელექტროწინაღობა დამოკიდებულია მათში აქროლადების რაოდენობაზე. რაც მეტია აქროლადები, მით მეტია ელექტროწინაღობა (ტყიბულის და ტყვარჩელის ნახშირები) და პირიქით – რაც ნაკლებია აქროლადები, მით ნაკლებია მათი წინაღობა (გრაფიტი, კოქსწვრილა). გამოყენებული საკაზმე მასალების შესაბამისად იცვლება მათი ელექტროწინაღობა. მადნებში გაზრდილი რკინის შემცველობა იწვევს მისი ელექტროწინაღობის შემცირებას.

4. ლაბორატორიული და სამრეწველო ღუმელების აბაზანის გამოკვლევამ, სხვადასხვა ელექტროწინალობის საკაზმე მასალების გამოყენების პირობებში გვიჩვენა, რომ ღუმელის სიღრმეში დენის სიმკვრივე და ტემპერატურა არასწორხაზოვნად იცვლება. მაღალი წინალობის აღმდგენელის (ნახშირი) გამოყენების შემთხვევაში ნიშნულზე აღმდგენელის კაზმის ზედა შრეებში ელექტროდებს შორის დენების გადინება. შესაბამისად მცირდება ღუმელის მოცემულ სიღრმეში ტემპერატურაც. დანატროვნებული, ნატეხოვანი კაზმიც ზრდის ღუმელის აბაზანის საერთო წინალობას, უზრუნველყოფს ელექტროდების ღრმა მდებარეობას და სიმძლავრე რაციონალურად ნაწილდება ღუმელის მთელ მოცულობაში. ზემოთჩამოთვლილი ფაქტორები საბოლოოდ მნიშვნელოვნად ამცირებს ელექტროენერგიის ხარჯს და ზრდის დნობის მაჩვენებლებს.
5. ჩატარებულ ექსპერიმენტულ გამოკვლევებზე დაყრდნობით განისაზღვრა საკაზმე მასალებში გამავალი დენების დამოკიდებულება ღუმელის პარამეტრებზე. დადგენილია, რომ ჩვენს მიერ შერჩეული ღუმელის გეომეტრიული ზომები ყველაზე მეტად უზრუნველყოფს დენების თანაბარ განაწილებას ელექტროდების გარშემო და საკაზმე მასალების წინალობის ყველაზე მაღალ მაჩვენებელს.
6. ექსპერიმენტული კვლევების საფუძველზე დავადგინეთ მცირე და საშუალო სიმძლავრის ღუმელებისათვის ელექტროდის დიამეტრის, განშლის დიამეტრის, აბაზანის დიამეტრის და სიმაღლის ოპტიმალური ზომები. დნობის მაღალი მაჩვენებლების მისაღწევად აუცილებელია დენი ელექტროდის გარშემო განაწილდეს თანაბრად და იმავდროულად გაიზარდოს საკაზმე მასალების ელექტროწინალობა.
7. ელექტროღუმელებში სილიკომანგანუმის დნობის პარამეტრების გაზრდის მნიშვნელოვან რეზერვს წარმოადგენს გამოსადნობ კაზმში ნახშირბადის ხვედრითი წილის გაზრდა, რაც შეიძლება მიღწეულ იქნას კოქსის გარკვეული რაოდენობის (25-30%) შეცვლით ადგილობრივი, ტყიბულის ნახშირით. აბაზანის ელექტროწინალობის

გაზრდა ალდგენელის საკმაოდ მაღალი რაოდენობის პირობებში ($C/(Mn+SiO_2)=0,25-0,27$), საშ ალებას გვაძლევს გავზარდოთ მუშა ძაბვა ელექტროდებზე და შესაბამისად ღუმელის სიმძლავრე, რაც საბოლოო ჯამში ღუმელის მუშაობის მაღალი მაჩვენებლების მიღწევის საწინდარია.

8. შემოთავაზებულია ღუმელების ელექტრული და გეომეტრიული პარამეტრების გამოთვლის ორი მეთოდი. დადენილია 5 მვა სიმძლავრის ღუმელის ოპტიმალური ელექტრული და გეომეტრიული პარამეტრები, რომლებიც შემდეგია: აბაზანის დიამეტრი – 2520მმ; ელექტროდების განშლის დიამეტრი – 1240მმ; აბაზანის სიღრმე – 1500მმ; ელექტროდის დიამეტრი – 400მმ.

ძაბვა ტრანსფორმატორის დაბალ მხარეზე 100-127,5 ვოლტი; დენის ძალა ელექტროდზე – 17-23 კ ამპერი, სიმძლავრე – 2,3-3,5 მ ვატი; სიმძლავრის კოეფიციენტი – $\cos\varphi=0,75-0,82$.

9. ჩვენს მიერ დაპროექტებულ ღუმელში სილიკომანგანუმის დნობის შედეგებმა გვიჩვენა, რომ საღუმელე აგრეგატის სიმძლავრე გაიზარდა 2,0-დან 3,5 მ ვატამდე, შესაბამისად გაიზარდა ღუმელის წარმადობა 12-დან 18 ტონამდე დღე-ღამეში, შემცირდა ელექტროენერგიის ხვედრითი ხარჯი 4400-დან 4000 კვტ. საათამდე. მანგანუმის და სილიციუმის ამოკრეფა ლითონში გაიზარდა შესაბამისად 10 და 8%-ით.
10. გამოკვლევების პროცესში მიღებული შედეგები იგეგმება გამოყენებული იქნას უკვე არსებული მცირე და საშუალო სიმძლავრის მადანთერმული ღუმელების მოდერნიზაციისა და ახალი ღუმელების და მათი მართვის სისტემების პროექტირებისათვის.

დისერტაციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია შემდეგ შრომებში

1. Симонгулашвили З.А., Шарашидзе Т.В., Цирдава М.О. и др. Исследование, разработка и промышленное освоение технологии выплавки силикомарганца из бедных высокожелезистых марганцевых руд на ферросплавном мини-заводе ООО „Метекс”. Труды ГТУ, №1 (471), Тбилиси, 2009, С.52-56.
2. Симонгулашвили З.А., Камкина Л.В., Майсурадзе Б.Г., Цирдава М.О. Кинетика углетермического восстановления брикетов из марганецсодержащих отходов производства. Труды ГТУ, №3 (473), Тбилиси, 2009, С.35-38.
3. ზ. სიმონგულაშვილი, ბ. მაისურაძე, მ. ცირდავა და სხვ. ფეროშენადნობთა წარმოების ნარჩენებისაგან მისაღები კაზმი. // საქპატენტი, საინფორმაციო ბიულეტენი №18, თბილისი, 2009.
4. Клдიაшвили В.И., Симонгулашвили З.А., Цирдава М.О. Рудовосстановительная дуговая печь для производства силикомарганца. //GEORGIAN ENGINEERING NEWS, №3 (51), Tbilisi, 2009, С.63-66.
5. Клдიაшвили В.И., Цирдава М.О., Мелкадзе Д.Г. и др. Ферросплавные рафинировочные электропечи. //GEORGIAN ENGINEERING NEWS, №3 (51), Tbilisi, 2009, С.59-62.
6. Симонгулашвили З.А., Майсурадзе Б.Г., Микеладзе М.Ш., Цирдава М.О. Особенности восстановления силикомарганцевых шихт в присутствии металлического марганца. სკა, საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის მე-2 საერთაშორისო კონფერენციის მასალები, თბილისი, 2009, С. 233-236.
7. ზ. სიმონგულაშვილი, მ. ცირდავა, შ. ნემსაძე. სილიკომანგანუმის გამოსადნობი კაზმის ელექტროწინააღობის გავლენა დნობის მაჩვენებლებზე. / „კერამიკა“, თბილისი, 2010, გვ. 28-32.
8. ზ. სიმონგულაშვილი, ბ. მაისურაძე, მ. ცირდავა და სხვ. ეკოლოგიურად საშიში მანგანუმშემცველი ნარჩენების უტილიზაცია ფეროშენადნობთა წარმოების სანედლეულო ბაზის გაფართოების მიზნით. / საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის შრომები, თბილისი, 2010, გვ. 116-118.
9. ზ. სიმონგულაშვილი, ბ. მაისურაძე, მ. ცირდავა. სილიკომანგანუმის მიღების ახალი ტექნოლოგიური სქემის დამუშავება კაზმში მანგანუმიანი და ნახშირბადშემცველი ნარჩენების გამოყენებით. /საერთაშორისო სამეცნიერო პრაქტიკული კონფერენციის შრომები. ქუთაისი, 2010, გვ. 233-235.
10. ზ. სიმონგულაშვილი, მ. ცირდავა, ვ. კლდიაშვილი და სხვ. საკაზმე მასალებში გამავალი დენების დამოკიდებულება ფეროშენადნობთა ღუმელის გეომეტრიულ ზომებზე. სტუ-ს შრომები №1 (479), თბილისი, 2011, გვ. 36-41.
11. ზ. სიმონგულაშვილი, მ. ცირდავა, ი. მაისურაძე და სხვ. დაბალფოსფორიანი წილის გამოდნობა საშუალო სიმძლავრის მადანადმდგენელ ელექტროღუმელში მანგანუმშემცველი ნარჩენების გამოყენებით. „ენერჯია“, №4 (60), თბილისი, 2011, გვ. 93-96.

Abstract

Coming out of existing conditions of manganese ferroalloy production in Georgia, receiving alloys and improving their quality is especially urgent for mini-manufactures equipped with heavy, low and moderate duty furnace, the part and importance of which has been increasing last years.

Modern technical level and mobility of mini-manufactures provide high economic and engineering figures in conditions of relatively low capital expenses.

Nowadays, 10 mini factories of ferroalloys with furnaces of 2,5-9,0 MVA duty function in Georgia. Their total power exceeds 70 MVA. In the same time it has to be denoted that almost all similar manufactures were constructed chaotically, without any designing and scientific confirmation of technical, economical, electrical, geometric and technological parameters. During last decades projecting and development of superpower furnace were stressed. Thus, in literature there are scanty or no data on parameters of low and moderate duty furnaces and peculiarities of the processes in them.

Coming out of abovementioned, the goal of the thesis work is improving technology of receiving silicate manganese in low and moderate duty ore restoring furnaces by optimization of scientifically confirmed electrical, geometric and technological parameters providing growth of manganese picking up and development of other main technical and economical properties of melting. For solving planned problems following were studied and learnt:

- technological peculiarities of alloying silicate and manganese in various-duty ore restoring furnaces in relation with currency passing through furnace and geometric measures.
- electrical resistance of various carbon containing reducers, concentrates, ores.
- in ore restoring furnaces distribution of electric fields and their influence on the process of receiving silicate and manganese.
- specification of optimal geometric and electric parameters of low and moderate duty ore restoring furnaces and working out rational methods of determining performances.
- development and working out technologies for receiving silicate-manganese and low phosphorus dross in low duty furnaces using various ores, space remaining and reducers.

By carried out theoretic and experimental studies optimal electrical and geometric parameters of 5 MVA power ore restoring furnaces were specified and it significantly improved all technical and economic data of silicate and manganese melting.

Results received after studies can be used for modernization of existing low and moderate duty furnaces and projecting new ones.