

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

სპარტაკ ნებიერიძე

სილიკომანგანუმის მიღება ადგილობრივი და იმპორტული
დაბალხარისხიანი მანგანუმის მადნებიდან და
კონცენტრატებიდან

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

წარდგენილი დისერტაციის

ავტორ ე ფ ე რ ა ტ ი

თბილისი

2014 წელი

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

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: პროფ. ზურაბ სიმონგულაშვილი

რეცენზენტები: -----

დაცვა შედგება ----- წლის ”-----” -----, ----- საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის 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

ფეროშენადნობების წარმოება არის ჩვენი ქვეყნის მრეწველობის, იმ ტრადიციულ დარგებს შორის ერთ-ერთი, რომელის როლი და მნიშვნელობა, ბოლო წლებში საქართველოს ეკონომიკაში განუხრელად იზრდება. მისი განვითარების ძირითადი მიმართულებაა პროდუქციის კონკურენტუნარიანობის გაზრდა, ენერგო და ნედლი მასალების ხარჯის შემცირება, მეცნიერების თანამედროვე მიღწევების გამოყენება და დანერგვა, აგრეთვე პროდუქციის ხარისხობრივი მაჩვენებლების ამაღლება მისაღები ფასების პირობებში.

ფოლადების წარმოების გაზრდილმა ტემპებმა მსოფლიოში, მისი ხარისხობრივი სტრუქტურის ცვლილებამ მაღალლეგირებული ლითონების გამოდნობის მიმართულებით, გამოიწვია ფეროშენადნობთა, განსაკუთრებით მანგანუმიან შენადნობთა, მოცულობის და სორტამენტის გაზრდა, სადაც ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს სილიკომანგანუმს. ამ პირობებში ფოლადების წარმოების მანგანუმით დაკმაყოფილების მთავარ რეზერვს, მადნების მოპოვების არსებული, შეზღუდული დონის პირობებში, წარმოადგენს მისი დანაკარგების შემცირება, როგორც გამდიდრების, ასევე დნობის სტადიაზე. მანგანუმის დანაკარგების მაღალ დონეზე მეტყველებს ის ფაქტი, რომ ამჟამად მანგანუმის სასარგებლო გამოყენება მისი მოპოვების, გამდიდრების და ელექტრომეტალურგიული გადამუშავებისას, არ აღემატება 50%-ს.

მანგანუმის მადნების ღრმა გამდიდრების არსებული სქემები არაა სრულყოფილი, რადგანაც ამ დროს წარმოიქმნება დიდი რაოდენობის შლამები, რაც დანაკარგების ძირითად წყაროს წარმოადგენს, გარდა ამისა, ღრმად გამდიდრებული მანგანუმის კონცენტრატების გამოყენება სილიკომანგანუმის გამოსადნობად, მოითხოვს მაღალხარისხიანი და შესაბამისად დეფიციტური კვარციტების მოპოვებას. ამ პირობებში მეტად მნიშვნელოვანია გამოიძებნოს, შედარებით დაბალხარისხიანი მადნების გამოყენებისათვის, ელექტრომეტალურგიული გადამუშავების ისეთი ხერხები, რაც უზრუნველყოფს დნობის მაღალ ტექნოლო-

ეკონომიკურ მაჩვენებლებს და შესაძლებლობას მოგვცემს გამოვიყენოთ შედარებით წვრილმარცვლოვანი კონცენტრატები, მათი წინასწარი დანაჯროვნების შემდეგ.

მდიდარი, ადვილად გამდიდრებადი მადნების მარაგების შემცირებამ გამოიწვია მაღალკაჟმიწაშემცველი კანცენტრატების ($SiO_2 > 20\%$) გამოყენების აუცილებლობა, რამაც გამოიწვია მანგანუმის და სილიციუმის სასარგებლო გამოყენების ხარისხის შემცირება, გააუარესა ლითონის ხარისხი ფოსფორის შემცველობის თვალსაზრისით და მიგვიყვანა პროცესის ტექნიკო-ეკონომიკური მახასიათებლების მკვეთრ შემცირებამდე. კაჟმის მომზადების არსებული მეთოდების პირობებში დაბალხარისხოვანი კონცენტრატების გამოყენების დროს წარმოქმნილი სიძნელეები ძირითადად დაკავშირებულია მათი გრანულომეტრული შედგენილობასთან და ფოსფორის და კაჟმიწის გაზრდილ ხვედრით რაოდენობასთან.

მანგანუმის კონცენტრატებში აქამდე ჯერ-ჯერობით ერთმნიშვნელოვნად განსაზღვრული არაა მასში კაჟმიწის დასაშვები ზღვრები. ამის ერთ-ერთი მიზეზი არის ის, რომ მანგანუმიანი შენადნობებისათვის კაჟმიწის როლზე მეტად მწირი მონაცემები არსებობს. ამიტომაც მანგანუმის მადნებზე არც ადრე და არც ამჟამად მოქმედ ტექნიკურ პირობებში არაა შეზღუდვა მასში კაჟმიწის შემცველობის თვალსაზრისით.

მანგანუმის მადნებზე და კონცენტრატებზე მსოფლიო ბაზარზე დღეს არსებული ფასები გვაიძულებს სილიკომანგანუმის საწარმოებლად გამოყენებულ იქნას ჭიათურის ყველა სახის დაბალხარისხოვანი კონცენტრატი, მაგრამ „ჭიათურმანგანუმის” სასაქონლო პროდუქციის უდიდესი ნაწილი წარმოდგენილია წვრილმარცვლოვანი ფლოტკონცენტრატების სახით, ამიტომ მათი წინასწარი დანაჯროვნების პრობლემის საკითხი მოითხოვს გადაუდებელ გადაწყვეტას.

სილიკომანგანუმის წარმოების და მანგანუმის სასარგებლო გამოყენების მიღწეული მაჩვენებლების შესანარჩუნებლად და

გასაუმჯობესებლად აუცილებელია სპეციალური გამოკვლევების წარმართვა, რომლებიც მიმართული იქნება მანგანუმის და სილიციუმის ღრმა აღდგენითი პროცესების ინტენსიფიკაციისაკენ.

დასმული ამოცანის გადაწყვეტის ერთ-ერთ შესაძლებელ საშუალებას წარმოადგენს ის, რომ სილიკომანგანუმის გამოსადნობად კაზმში გამოყენებული იქნას ტუტე ლითონების ალუმოსილიკატები.

ამრიგად, ყოველივე ზემოთთქმულიდან გამომდინარე დასმული პრობლემის არსი და აქტუალობა მდგომარეობს იმაში, რომ დღეს მანგანუმის მსოფლიო ბაზარზე არსებული მდგომარეობიდან გამომდინარე, შემუშავდეს ადგილობრივი დაბალხარისხიანი მადნების გადამუშავების რაციონალური ტექნოლოგიები, რომლებიც უზრუნველყოფს წარმოების მაღალ, კონკურენტუნარიან ტექნოკი-ეკონომიურ მაჩვენებლებს შამცირებს მანგანუმის დანაკარგებს მისი გადამუშავების ყველა ეტაპზე და გაზარდოს ჭიათურა-ზესტაფონის სამთო-მეტალურგიული კომპლექსის მნიშვნელობას მსოფლიოში.

სამუშაოს მიზანი: სადისერტაციო სამუშაოს ძირითად მიზანს წარმოადგენს სასაქონლო სილიკომანგანუმის მიღების ტექნოლოგიის შემუშავება, კვლევა და სამრეწველო ათვისება მაღალკაუმიწა შემცველი მანგანუმის კონცენტრატების გამოყენებით. ამ მიზნით პროცესის მაღალი ტექნიკო-ეკონომიკური მაჩვენებლების მისაღწევად რეკომენდირებულია ასეთი მადნების დაბრიკეტება ნახშირებთან ერთად და კაზმში კვარციტების ნაცვლად ტუტე ლითონების, ალუმოსილიკატების გამოყენება:

კვლევის ძირითადი ამოცანები:

- ჭიათურის საბადოს მანგანუმის მადნების ქიმიურ-მინერალოგიური შედგენილობის ანალიზი და გამდიდრების სხვადასხვა სტადიაზე კაუმიწის რაოდენობის გავლენა მანგანუმის დანაკარგებზე;
- მადნების დაბრიკეტების ოპტიმალური პარამეტრების შერჩევა და მიღებული ბრიკეტების მეტალურგიული თვისებების გამოკვლევა;

- მადნების, კონცენტრატების და მათ ბაზაზე მიღებული მადნური, მადანნახშირიანი და მონოკაზმის ბრიკეტების ელექტროწინაღობის და გარბილების ტემპერატურის შესწავლა;
- მადანნახშირიანი ბრიკეტების თერმული თვისებები და მათი ელექტრმედულობის დადგენა;
- სილიკომანგანუმის მისაღები კაზმების აღდგენადობის შესწავლა მისი შედგენილობის და წინასწარ მომზადების ხერხებთან დამოკიდებულებით;
- მაღალკაუმიწა შემცველი მანგანუმის მადნებიდან სილიკომანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგიის შემუშავება კაზმში მადანნახშირიანი ბრიკეტების და ტუტე ლითონთა და ალუმოსილიკატების გამოყენებით;

კვლევის მეთოდები: სადისერტაციო სამუშაოში დასმული ამოცანების გადასაწყვეტად გამოყენებულ იქნა ანალიზის თანამედროვე ფიზიკო-ქიმიური მეთოდები. მადნების და გამდიდრების პროდუქტების ქიმიურ-მინერალოგიური გამოკვლევა ჩატარდა კომპლექსურად, მისი ქიმიური, პეტროგრაფიული და თერმოგრაფიული შესწავლის საშუალებით. მადანნახშირიანი და მადნური ბრიკეტების მეტალურგიული შეფასებისათვის გამოკვლეულ იქნა მათი ელექტროწინაღობა, გარბილების დაწყების ტემპერატურა, აღდგენის კინეტიკა და თერმული და მექანიკური მედეობა. აღდგენის პროდუქტების ფაზური შედგენილობის მეტალოფიზიკური გამოკვლევა ხდებოდა ქიმიური, პეტროგრაფიული და მიკრორენდგენოსპექტრალური ანალიზის მეთოდებით. მიკროზონდის MS-46 („კამეკა“) საშუალებით.

ექსპერიმენტული დნობები ჩატარებულ იქნა ლაბორატორიულ (100 კვა), ნახევრადსამრეწველო (1000 კვა) და სამრეწველო (22,5 მკვ) ელექტროღუმელებში.

მეცნიერული სიახლე: გამოკვლევების კომპლექსური მეთოდების გამოყენებით დადგენილია მადანნახშირიანი ბრიკეტების გახურებისას ფაზური გარდაქმნების თანმიმდევრობა და კონცენტრატებში კაუმიწის შემცველობის და ტემპერატურის გავლენა ბრიკეტების

ელექტროწინალობასა და გარბილებაზე. შესწავლილია სილიკომანგანუმის მიღების კინეტიკური კანონზომიერებები და ახსნილია ადღგენის მექანიზმის ზოგიერთი ასპექტები. შეფასებულია იმ ღონისძიებების ეფექტურობა, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს ვარეგულიროთ ისეთი ურთიერთსაპირისპირო მოვლენები როგორცაა ადღგენის და წიდის წარმოქმნის პროცესები. ამის საფუძველზე გაცემულია რეკომენდაციები დნობისათვის კაზმის მომზადების ყველაზე რაციონალი მეთოდების შესახებ, რომელიც საბოლოო ჯამში საშუალებას გვაძლევს ფორსირებულიდ წარვმართოთ ადღგენითი პროცესები.

ნაჩვენებია ტუტე ლითონების ოქსიდების გავლენა ღუმელებში სილიკომანგანუმის მიღების პროცესზე. დადგენილია, რომ კაზმში, კვარციტის მაგივრად, ტუფის ღორღის გამოყენება ზრდის მანგანუმის და სილიციუმის ადღგენის სიღრმეს და სიჩქარეს მათი ოქსიდებიდან და სილიკატებიდან.

შემუშავებულია სასაქონლო სილიკომანგანუმის მიღების ეფექტური ტექნოლოგია კაზმში მაღანნახშირიანი ბრიკეტების და ტუფის ღორღის გამოყენებით, ნაცვლად კვარციტისა, დაბალფოსფორიანი წიდისა და კოქსისა. აღნიშნული ტექნოლოგია საშუალებას გვაძლევს ელექტრომეტალურგიული გადამუშავების პროცესში გავზარდოთ მანგანუმის და სილიციუმის სასარგებლო გამოყენება, შესაბამისად 8 და 10%.

საშუაოს პრაქტიკული მნიშვნელობა; კაზმის მომზადების შემუშავებული მეთოდის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს უფრო რაციონალურად გამოვიყენოთ ჩვენს ქვეყანაში არსებული მანგანუმის რესურსები, გაგაფართოვოდ სანედლეულო ბაზა და შესაბამისად შევამციროთ ძვირად ღირებული მანგანუმის მადნების იმპორტი.

სილიკომანგანუმის მიღების დამუშავებული ტექნოლოგია, კაზმში მაღანნახშირიანი ბრიკეტების და ტუტე ლითონების ალუმოსილიკატების გამოყენებით, უზრუნველყოფს მანგანუმის და

სილიციუმის ლითონში ამოკრეფის ხარისხის გაზრდას და შესაბამისად მისი თვითღირებულების შემცირებას.

სამუშაოს აპრობაცია: სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი დებულებები მოხსენდა და განიხილულ იქნა საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკურ კონფერენციაზე “გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება (თბილისი, 2010) და საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენციაზე “ინოვაციური ტექნოლოგიები და გარემოს დაცვა”(ქუთაისი, 2011 წ.).

პუბლიკაციები: სადისერტაციო სამუშაოს ძირითადი დებულებები და შედეგები გამოქვეყნებულია 6 სამეცნიერო ნაშრომში.

სამუშაოს მოცულობა: სადისერტაციო ნაშრომი შემდგება შემდეგი ნაწილებისაგან: შესავალი, ოთხი თავი და დასკვნა. შეიცავს რეზიუმეს, შინაარსს, 21 ნახაზს, 18 ცხრილებს, 5 სურათს, ციტირებული ლიტერატურის ნუსხის 84 წყაროს დასახელებით, დისერტაცია წარმოდგენილია თაბახის 110 ფურცელზე.

სადისერტაციო ნაშრომი შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ქიმიური ტექნოლოგისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის ელექტრომეტალურგიის სასწავლო – სამეცნიერო ცენტრში, შპს „მეტექსში“, ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანაში და ჭიათურმანგანმში (შპს „ჯორჯიან მანგანეზი“).

სამუშაოს ძირითადი შინაარსი

თავი 1. ჭიათურის მადნების ქიმიურ-მინერალოგიური შედგენილობა და მანგანუმის დანაკარგების სტრუქტურა გამდიდრების სხვადასხვა სტადიაზე

მადნებში კაჟმიწის და მანგანუმის შემცველობა უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაშია ერთმანეთთან და ამ მადნების მექანიკური გამდიდრება მიზნად ისახავს ძირითადად კაჟმიწის მოცილებას. ჭიათურის გამამდიდრებელ ფაბრიკების (ЦОФ-1, ЦОФ-2, ОФ-29 და №25) მუშაობის პირობებში მანგანუმის დანაკარგები, მისი ამოკრება,

კონცენტრატების გამსავალი და მასში მანგანუმის შემცველობა განისაზღვრება მოქმედი ტექნოლოგიის ბალანსების მიხედვით.

ყველა ზემოთ დასახელებული გამომდინარელებელი ფაბრიკებისათვის ამ მაჩვენებლების ურთიერთ დამოკიდებულება იდენტურია და გვიჩვენებს, რომ კონცენტრატების გამოსავალი და მანგანუმის ამოკრეფა, კონცენტრატებში მანგანუმის შემცველობის გაზრდის შემთხვევაში, ყოველთვის მცირდება.

გამდინარეების ტექნოლოგიური მაჩვენებლები პირდაპირ დამოკიდებულია შიდა კონცენტრატებში კაჟმიწის შემცველობასთან და განისაზღვრება ფარდობით- $\% \text{SiO}_2 / \% \text{Mn}$. ფარდობის $\% \text{SiO}_2 / \% \text{Mn} = 0,2-1,6$ ზღვრებში კონცენტრატში მანგანუმის შემცველობის (20% დან 48%-მდე) თანდათანობითი გაზრდით, მისი ამოკრეფის ხარისხი მკვეთრად ეცემა (100 დან 45% მდე) და კონცენტრატში ყოველი პროცენტით მანგანუმის შემცველობის მომატება იწვევს მანგანუმის დანაკარგის თითქმის 2%-ით გაზრდას. მთელიანად მანგანუმის ოქსიდური მადნების გამდინარეების შედეგად მანგანუმის დანაკარგები კუდების და შლამების სახით აღწევს 30-32%. მანგანუმის დანაკარგების გაზრდა ძირითადად განპირობებულია მადნური ფაზის უფრო სრულად და ღრმად გახსნის გამო, რაც თავისთავად იწვევს შლამწარმოქმნას პროცესების გაზრდას და უფრო მდიდარი კუდების წარმოქმნას.

კვლევების ობიექტად აღებული იყო ნედლი მადანი და მისი გამდინარეების პროდუქტები. შესწავლილ იქნა ნიმუშების ოთხი ჯგუფი: 16 მმ ფრაქციის მადნი (გარეცხვის შემდეგ), I და IV ხარისხის კონცენტრატები, სალექი მანქანიდან აღებული კუდები და შლამები.

ამდინარეების პროდუქტების ქიმიურმა ანალიზმა გვიჩვენებს, რომ საწყისი ნედლეულის მიმდევრობით, თანდათანობითი გადამუშავება იწვევს მანგანუმის კაჟმიწასთან თანაფარდობის ცვლილებას. $\% \text{SiO}_2 / \% \text{Mn}$ ფარდობა საწყის მადანში შედგენს 1,5; გარეცხვის შემდეგ-0,96. გარეცხვის შემდეგ მიღებული პროდუქტი მარცვლის სიმსხოს მიხედვით კლასიფიცირდება ფრაქციებად: 16-12, 12-2 და 2-0 მმ, რომლებისთვისაც ეს თანაფარდობა შესაბამისად შეადგენს 2,19; 1,05 და 0,84. აქედან

გამომდინარეობს ის, რომ კაუმიწას მაქსიმალური რაოდენობა შეესაბამება ყველაზე მსხვილ ფრაქციას. ნალექივის შედეგად გამოყოფილი I და II ხარისხის კონცენტრატებში ფარდობა $\% \text{SiO}_2 / \% \text{Mn}$ შეადგენს შესაბამისად 0.12 და 0,22. ხოლო IV ხარისხის კონცენტრატში აღნიშნული თანაფარდობა შეადგენს 1,4, კუდებში-3.18 და შლამებში კი-5.1. გამდიდრების სხვადასხვა სტადიაზე აღებული ჭიათურის საბადოს ოქსიდური მადნების ნიმუშების პეტროგრაფიული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ გრავიტაციული გამდიდრების პროცესში სილიციუმშემცველი ნაერთების ფორმები არ იცვლება. გამდიდრების პროდუქტებში ყოველთვის ჭარბობს თავისუფალი კვარცის შემცველობა, იშვიათად გვხვდება კარბონატული მადნის ნაწილაკები და ძალიან მცირე რაოდენობით მინდვრის შპატი და სლუილები. საწყის მადანში მადნური ფაზის წილი შეადგენს 46,4%; I ხარისხის კონცენტრატში 86,3%; II ხარისხისის 83,9%; შუალედურ IV ხარისხის კონცენტრატში 50,4%; კუდებში 32,8% და შლამებში 20,7%. ხოლო კვარცის რაოდენობა ამ პროდუქტებში შეადგენს შესაბამისად 4,6; 5,1; 25,7; 36,3; 44,4 და 28,1%.

სხვადასხვა რაოდენობის კაუმიწის შემცველობის მანგანუმის კონცენტრატების (9,5; 13,6; 17,7 და 21,8% SiO_2) თერმოგრაფიული გამოკვლევებით განისაზღვრა მათი თერმული დაშლის მსგავსი ხასიათი. ამიტომ მიღებული შედეგების განსჯა სავსებით შესაძლებელია იმ ენდოთერმული ეფექტებით, რომლებიც გამოვლინდა შემდეგ ტემპერატურულ ინტერვალებში: 150-170, 340-350, 600-650, 970-980°C. ექსპერიმენტულ მონაცემებზე დაყრდნობით სამუშაოში მოცემულია სხვადასხვა რაოდენობის კაუმიწის შემცველობის კონცენტრატების თერმული დაშლის სქემა, რომლის ტემპერატურული ინტერვალი განისაზღვრება მდგრადი მანგანუმის მინერალების არსებობით.

სინჯების გახურებისას 160 დან (წყლის მოცილების ტემპერატურა) 1000°C-მდე ჯამური წონის კარგვა შესაბამისად შეადგენს 8,9; 7,7; 7,1 და 6,5%, რაც შეესაბამება ენდოთერმულ ეფექტებს, რომლებიც მით მეტია, რაც უფრო მაღალია კონცენტრატში მანგანუმი

და მცირე კაჟმიწა. დადგენილია, რომ კაჟმიწის შემცველობის გაზრდა კონცენტრატებში 2-3 ჯერადაც კი, ვერ ახდენს ვერავითარ გავლენას მანგანიტის ($MnO \cdot OH$) პიროლუიტის (MnO_2) და ფსილომელანის ($MnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$) დისოციაციის ტემპერატურაზე. შესწავლილი ტემპერატურების ზღვრებში, კონცენტრატებში კაჟმიწის შემცველობის გაზრდა, მისი გახურების დროს, არ იწვევს რაღაც ახალი ფაზების და მინერალების წარმოქმნას.

თავი 2. ბრიკეტების ოპტიმალური პარამეტრების განსაზღვრა და მიღებული ბრიკეტების მეტალურგიული თვისებების გამოკვლევა

მანგანუმის კონცენტრატების ფიზიკური თვისებების, ნივთობრივი და გრანულომეტრული შედგენილობის გათვალისწინებით, თეორიულად იქნა დასაბუთებული მათი დნობისათვის წინასწარ მოსამზადებლად გამოგვეყენებინა დაბრიკეტების მეთოდი. გამოკვლელ იქნა სხვადასხვა კაჟმიწის შემცველობის კონცენტრატების ბაზაზე დამზადებული მადნური, მადანნახშირიანი და მონოკაჟმის ბრიკეტები.

ბრიკეტირების ოპტიმალური პარამეტრების დადგენის მიზნით ლაბორატორიულ პირობებში გამოკვლეული და სამრეწველო წნეხზე შემოწმებული იქნა კაჟმის სინესტის, შემკვრელის რაოდენობის, აღმდგენელის – ტყიბულის ნახშირის კონცენტრატის და დაწნეხვის ხვედრითი წნევის გავლენა ბრიკეტების მექანიკურ მახასიათებლებზე. მათი განსაზღვრა ხდებოდა გაჭყლევების ჩამოგდების, დარტყმის და ხეხვის ერთდროული ზემოქმედების გზით.

დადგენილია, რომ მექანიკურად მტკიცე მადნური და მადანნახშირიანი ბრიკეტების დამზადების ოპტიმალური პარამეტრებია შესაბამისად: კაჟმის სინესტე 3,5-6,0 %, შემკვრელის რაოდენობა 8-10 და 7-8%, გამოშრობის ტემპერატურა 130-140°C და დაწნეხვის მინიმალური ხვედრითი წნევა 19,6 მპა.

I და II ხარისხის კონცენტრატების ბაზაზე დამზადებულ მადანნახშირიან ბრიკეტებს აქვს ნაკლები თერმული მდგრადობა III და III ხარისხის ბრიკეტებთან შედარებით, რაც განპირობებულია

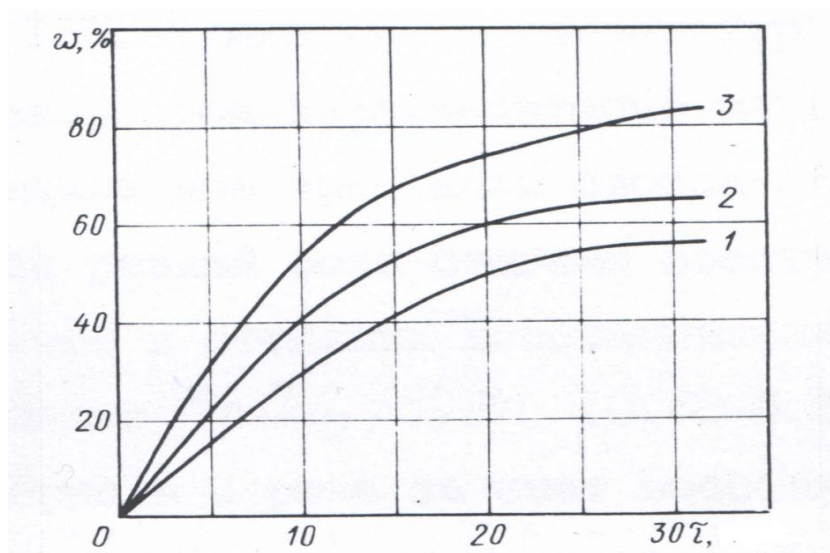
დოსცირებადი ჟანგბადის მცირე რაოდენობით. ჭარბი ჟანგბადი იჭვევს ღრმა ჟანგვით რეაქციებს, ამცირებს ნახშირის დაკოქსების პროცესს და აუარესებს მადანნახშირიანი ნარეგების შეცხოებადობას.

გამოკვლეულ იქნა ბრიკეტების ელექტროწინალობის და გარბილების ტემპერატურის დამოკიდებულება კონცენტრატებში კაჟმიწის შემცველობაზე. ნაჩვენებია, რომ კონცენტრატში კაჟმიწის რაოდენობის გაზრდა იწვევს ელექტროწინალობის გაზრდას და ამცირებს გარბილების საწყის ტემპერატურას. სხვა თანაბარ პირობებში მადანნახშირიანი და მონოკაჟმის ბრიკეტების ხვედრითი ელექტროწინალობა 600°C ტემპერატურამდე მაღალია მადნური ბრიკეტების ანალოგიურ მაჩვენებელზე. ხოლო უფრო მაღალ ტემპერატურებში კი პირიქით – მადნური ბრიკეტების ხვედრითი ელექტროწინალობა $600-1200^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურულ ინტერვალში უფრო მაღალია მადანნახშირიანი და მონოკაჟმის ბრიკეტების ელექტროწინალობაზე.

ბრიკეტებში ნახშირის არსებობა მკვეთრად ამაღლებს გარბილების საწყის ტემპერატურას და ავიწროებს გარბილების ტემპერატურულ ინტერვალს. მადნური ბრიკეტების გარბილების საწყისი ტემპერატურა $750-850^{\circ}\text{C}$, გარბილების ინტერვალში $100-120^{\circ}\text{C}$, ხოლო მადანნახშირიანი და მონოკაჟმის ბრიკეტებისათვის იგი შეადგენს შესაბამისად $1250-1400^{\circ}\text{C}$ და $60-100^{\circ}\text{C}$.

სხვადასხვა კაჟმების (ბრიკეტების) აღდგენადობის გამოკვლევის კომპლექსური მეთოდების გამოყენებით (აღდგენის კინეტიკა, აღდგენის პროდუქტების ქიმიური და პეტროგრაფიული ანალიზი) დადგინდა, რომ კაჟმში მანგანუმის კონცენტრატების ოქსიდების მექანიკური გაცალკეება კვარციტის კაჟმიწასთან წარმოადგენს ეფექტურ საშუალებას, რათა შემცირდეს წილის წარმოქმნის სიჩქარე და მოხდეს მანგანუმის აღდგენის ინტენსიფიცია. მაღალმანგანუმიანი, ნახშირბადით გაჯერებული ალღობის დაგროვება, თავის მხრივ, ხელს უწყობს და ზრდის სილიციუმის აღდგენის ხარისხს.

კინეტიკური გამოკვლევების მონაცემები (ცხრილი 1, ნახ. 1) მოწმობენ, რომ ყველა სახის კაზმების ალდგენის საბოლოო ხარისხი, ძირითადად დამოკიდებულია პროცესის ტემპერატურაზე, კონცენტრატში ფარდობაზე $\% \text{SiO}_2 / \% \text{Mn}$ და კაზმის მომზადების მეთოდზე.



ნახ. 1 ჩვეულებრივი (ფხვიერი) კაზმი (1), მონოკაზმის (2) და მაღანნახშირიანი ბრიკეტები (3) ალდგენის კინეტიკური მრუდები 1600°C ტემპერატურაზე.

ცხრილი. 1 ლითონში ელემენტების საშუალო შედგენილობის დამოკიდებულება კონცენტრატის ხარისხზე, კაზმის მომზადების მეთოდზე და ალდგენის ტემპერატურაზე

კაზმის მომზადების მეთოდი	მანგანუმი კონცენტრატი	1450°C			1600°C		
		Si	Mn	P	Si	Mn	P
ჩვეულებრივი კაზმი	44.0	6.42	77.78	1.64	17.0	77.17	0.51
	35.0	4.80	74.39	1.87	16.14	77.40	0.60
მონოკაზმი	44.0	9.72	81.21	0.65	18.50	76.41	0.30
	35.0	11.99	80.04	0.69	20.40	74.66	0.33
მაღანნახშირიანი ბრიკეტი	44.0	11.50	80.41	0.64	19.78	75.04	0.29
	35.0	12.85	80.95	0.68	20.95	74.61	0.33

1450⁰C მიღებული ლითონის საშუალო შედგენილობის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ პირველ რიგში ადგილი აქვს მანგანუმის აღდგენას. სილიციუმის აღდგენაც ხდება გარკვეულწილად, მაგრამ აქ აღდგენის სიჩქარე ჩამორჩება მანგანუმის აღდგენის სიჩქარესა. წიღური ნაღლობის წონასწორული შედგენილობის მიღწევის შემდეგ, კაჟმიწა დამოუკიდებელი ფაზეს სახით იწვეებს გამოყოფას. 1450⁰C ტემპერატურაზე აღდგენიდ და დაყოვნებულ ბრიკეტებში აღმოჩენილია SiO₂, β-კრისტობალიტის სახით. ამ ტემპერატურაზე აღდგენის ხარისხებს შორის სხვაობამ, სხვადასხვა %SiO₂ / %Mn ფარდობის მადანახშირიანი ბრიკეტებისათვის, შეადგინა 25-35%, ხოლო სილიციუმის შემცველობა ლითონში არ აღემატება 13%. 1450-1600⁰C ტემპერატურულ ინტერვალში ხდება მანგანუმის და სილიციუმის აღდგენის სიჩქარეების გათანაბრება, თანდათან ქრება თავისუფალი კაჟმიწის უკანასკნელი კრისტალები და 1600⁰C შეიმჩნევა ბრიკეტების აღდგენის მკვეთრი მატება. ამ რემპერატურაზე კონცენტრატების %SiO₂ / %Mn ფარდობის ზღვრულ ინტერვალში (0,62-0,39), სხვაობა ბრიკეტების აღდგენის ხარისხებს შორის, სილიციუმის აღდგენის გამო მცირდება ორჯერ და საბოლოო (ჯამური) აღდგენის ხარისხი აღწევს 80-90%. ამ დროს სილიციუმის შემცველობა ლითონში შესაბამისად აღწევს 20-21 და 17-19%Si.

სილიციუმის აქტიურ და ღრმა აღდგენას ხელს უწყობს ოქსიდური ნაღლობიდან გამოყოფილი თავისუფალი SiO₂ –ის მჭიდრო კონტაქტი აღმდგენელთან და ლითონურ ფაზასთან, რომელშიდაც იხსნება აღდგენილი სილიციუმი. ეს გამოწვეულია ბრიკეტის მიკრომოცულობებში აღდგენითი პროცესების მიმდინარეობით, რაც თავისთავად განპიროვნებულია ბრიკეტების მაღალი თერმული მდგრადობით.

შესრულებული გამოკვლევებით დადგინდა, რომ ნახშირთან ერთად მაღალკაჟმიწა შემცველი მანგანუმის მადნის დაბრიკეტება, წარმოადგენს ეფექტურ მეთოდს ელექტროდნობის ჩასატარებლად.

თავი 3. სილიკომანგანუმის გამოდნობის ტექნოლოგიის გამოკვლევა მადნური და მადანნახშირიანი ბრიკეტებიდან

ნახევრადსამრეწველო პირობებში ჩატარებულ იქნა სილიკომანგანუმის საცდელი დნობების ორი სერია, თითოეული 4 ვარიანტად, რომლის შესაბამისადაც ვახდენდით კაზმის მომზადებას. დნობების პირველ სერია ჩატარდა მადნურ ბრიკეტებზე სადაც კაზმში გამოყენებული იყო აგრეთვე დაბალფოსფორიანი წიდა, ხოლო მეორე სერიაში დნობები ჩატარდა მადანნახშირიან ბრიკეტებზე.

ბრიკეტების დამზადებას და მათ მექანიკური სიმტკიცეზე გამოცდას ვახდენდით ლაბორატორიულ პირობებში შერჩეული მეთოდის შესაბამისად. სულ დამზადებული იქნა 45ტ მადნური და 110 ტ მადანნახშირიანი ბრიკეტები.

საცდელი დნობები ჩატარებული იქნა 1000 კვა ტრანსფორმატორის სიმძლავრის ღია ტიპის, გამტარ ქვედიან, ერთფაზა რკალურ, მადანადმდგენელ ღუმელში. კაზმის შედგენილობა და შერჩეული ელექტრული რეჟიმი უზრუნველყოფდა ელექტროდის დრმა ჩაჯდომას, დნონის პროდუქტების ნორმალურ გამოსვლას და კაზმის თანაბარ სვლას ღუმელში.

სილიკომანგანუმის შესადარებელი ნახევრადსამრეწველო დნობების ძირითადი შედეგები მოცემულია ცხრილში 2.

მიღებული შედეგები გვიჩვენებს, რომ მადნურ ბრიკეტებზე სილიკომანგანუმის დნობას, კონცენტრატის ხარისხის გაუარესებას მიყვავართ მანგანუმის ამოკრევის 4-6%-ით შემცირებასთან, დაბალფოსფორიანი წიდის დოზირების 1,5-2,0-ჯერ გაზრდასთან და ელექტროენერჯის ხარჯის 20%-ით მატებასთან.

მადანნახშირიან ბრიკეტებზე ჩატარებულმა დნობებმა გვიჩვენა, რომ საწეის კონცენტრატებში ფარდობის $\%SiO_2 / \%Mn$ გაზრდით (0,34 დან 0,62-მდე) მანგანუმის ამოკრევა მცირდება უმნიშვნელოდ (79,02-დან 78,20 %-მდე), მაშინ როდესაც სილიციუმის ამოკრევა 47,86- დან 51,78%-მდე იზრდება, რაც მანგანუმისათვის 5-8%-ით და სილიციუმისათვის 6-9% მაღალია მადნურ ბრიკეტებზე მიღებული დნობის შედეგებზე.

დაბალფოსფორიანი წილის, კოქსწერილას და ნაწილობრივ კვარციტის მაგივრად, სილიკომანგანუმის გამოსადნობ კაზმში მესამე ხარისხის კონცენტრატზე ($35\%Mn$; $21,9\%SiO_2$) დამზადებული მადანნახშირიანი ბრიკეტების გამოყენება, უზრუნველყოფს ელექტროლუმელის წარმადობის 28% -ით გაზრდას, მანგანუმის და სილიციუმის ამოკრეფის $8-10\%$ გაზრდას შესაბამისად. ელექტროენერჯის ხარჯი მცირდება 6% -ით, წილის საერთო გამოსავალი $20-25\%$ მცირდება. მცირდება აგრეთვე შენადნის თვითღირებულება $5-7\%$ -ით.

მადნური და მადანნახშირიანი ბრიკეტებზე ჩატარებული სილიკომანგანუმის დნობების შედეგებიდან ჩანს, რომ დნობის ერთიდაიგივე შედეგები მიიღწევა და შედარებით დაბალხარისხოვანი მადანნახშირიანი ბრიკეტების გამოყენებით.

თავი. 4. სილიკომანგანუმის დნობის ტექნოლოგიის სამრეწველო ათვისება კაზმში ბრიკეტების და ტუტე ლითონების ალუმოსილიკატების (ტუფის) გამოყენებით.

სილიკომანგანუმის დნობის პროცესზე ტუტე ლითონების ოქსიდების გაგლენის ექსპერიმენტული შეფასებისთვის ჩატარებული იქნა ნახევრადსამრეწველო და სამრეწველო დნობები კაზმში კვარციტის ნაცვლად ტუტეს ($67\% SiO_2, Na_2O+K_2O$) გამოყენებით.

საცდელი ნახევრადსამრეწველო დნობები (ცხრილი2, ვარიანტ 4), რომლის შესადარებელ ვარიანტად აღებული იყო $39,1\%Mn$ კონცენტრატზე ჩატარებული დნობის შედეგები (ვარიანტ 2), ხასიათდებოდა ღუმელის თანაბარი სვლით, ელექტროდის ღრმა ჩაჯდომით და დნობის პროდუქტების ღუმელიდან უფრო ინტენსიური გამოსვლით, გარდა ამისა, ტუფის გამოყენება უზრუნველყოფს წილის ტხევადდენადობის გაზრდას, რაც ხელს უწყობს ლითონის წვრილი ნაწილაკების დალექვის პროცესს. ყოველივე ამის შედეგად, ჩვეულებრივ ტექნოლოგიასთან შედარებით (დნობა კვარციტის გამოყენებით) მნიშვნელოვნად უმჯობესდება დნობის ყველა

ცხრილი.2. სილიკომანგანუმის დნობის ძირითადი მახასიათებლები კაზშიში
მადნური და მადანნახშირიანი ბრიკეტების გამოყენებით.

მაჩვენებლები	დნობა მადნურ ბრიკეტებში				დნობა მადანნახშირიანი ბრიკეტებში				
	ვარიანტები								
	1	2	3	4	1	2	3	4	
დუმელის წარმადობა (ბაზ)/დღე-ღამეში	2.280	2.112	1.920	2.232	2.736	2.568	2.472	2.640	
მანგანუმის კონცენტრატი (44%Mn, 14.8%SiO ₂)	1727	-	-	-	1872	-	-	-	
მანგანუმის კონცენტრატი (39%Mn, 17.8%SiO ₂)	-	2044	-	1947	-	2127	-	2092	
მანგანუმის კონცენტრატი (35%Mn, 21.9%SiO ₂)	-	-	2146	-	-	-	2358	-	
მდიდარი წილა (35%Mn)	386	374	566	409	-	-	-	-	
კვარციტი	439	311	129	-	437	271	139	-	
კოქსწვრილა	560	567	579	569	-	-	-	-	
ნახშირი	-	-	-	-	802	827	829	830	
ტუფი	-	-	--	444	-	--	-	392	
ელ-ენერჯის ხარჯი კვტ.სთ/ტ (ბაზ)	4800	5280	5760	5200	4500	5040	5400	5000	
ლითონის ქიმიური შეღგენილობა	Mn	75.12	76.43	75.81	75.54	75.81	75.96	74.05	74.46
	Si	17.86	17.78	17.56	18.48	18.79	18.73	19.17	19.12
	P	0.30	0.35	0.35	0.35	0.24	0.27	0.30	0.28
წილაში მანგანუმის შემცველობა %	14.96	15.34	15.55	14.0	12.15	12.85	12.65	11.82	
წილის ფუძიანობა (CaO+MgO)/SiO ₂	0.52	0.55	0.64	0.62	0.40	0.46	0.51	0.56	
წილის ჯერადობა	0.95	1.05	1.15	1.1	0.8	0.85	0.88	0.9	
მანგანუმის გადასვლა ლითონში	Mn	74.0	71.49	70.0	72.81	79.02	78.51	78.20	79.19
	Si	41.82	41.99	42.19	43.89	47.86	50.75	51.78	52.67
	P	76.11	76.11	73.29	70.61	56.06	56.22	58.06	54.27
მანგანუმის გადასვლა წილაში %	14.0	15.07	16.53	14.87	10.25	11.31	11.77	11.32	

ცხრილი. 3. სილიკომანგანუმის გამოდნობის ტექნოკო-ეკონომიკური მაჩვენებლები 22.5 მგვა ღუმელი

მაჩვენებლები		ტექნოლოგია		
		მოქმედი ტექნოლოგია	შემუშავებული	
			1	2
დნობის ხანგრძლიობა (დღეღამე)		30	30	20
ღუმელის წარმადობა ტ/დღეღამე		70.2	72.8	73.5
საკაზმე მასალების სვედრითი ხარჯი კგ/ტ (ბაზ)	მადნური ბრიკეტი (39.5%Mn)	926	891	883
	მანგანუმის აგლომერატი (47.8%Mn)	884	850	843
	მდიდარი წილა (35%Mn)	505	485	481
	კვარციტი	356	180	-
	ტუფი	-	241	433
	კოქსწვრილა	465	453	460
ელ-ენერჯის სვედრითი ხარჯი კვტ სთ/ტ (ბაზ)		4110	4050	4000
ლითონის ქიმიური შემადგენლობა	<i>Mn</i>	75.9	75.45	76.10
	<i>Si</i>	17.3	18.12	17.74
	<i>P</i>	0.35	0.34	0.35
წილის ქიმიური შედგენილობა	<i>Mn</i>	14.92	13.6	13.0
	SiO_2	46.45	44.15	43.24
	<i>CaO</i>	20.03	22.5	21.0
	Al_2O_3	4.76	6.87	9.20
	<i>MgO</i>	1.3	1.45	1.56
	Na_2O+K_2O	-	2.5	4.3
წილის ფუძიანობა ($CaO+MgO$)/ SiO_2		0.46	0.54	0.52
მანგანუმის გადასვლა ლითონში	<i>Mn</i>	68.95	71.26	72.51
	<i>Si</i>	30.01	43.17	45.11
	<i>P</i>	78.84	76.35	75.69

ტექნიკო-ეკონომიკური მაჩვენებლები, რაც წარმატებით დამტკიცდა ამავე შენაღს 22.5 მვა სიმძავრის სამრეწველო ღუმელებში გამოდნობით.

საკაზმე მასალებად გამოყენებული იყო, III ხარისხის (39%Mn) მანგანუმის კონცენტრატზე დამზადებული მადნური ბრიკეტები, აგლომერატი (47,8 %Mn), საშუალონახშირბადიანი ფერომანგანუმის წილა (35%Mn), კვარციტი, კოქსწვრილა და ტუფის ღორღი. საცდელი დნობები ჩატარებული იქნა ორ ვარიანტად. დნობების პირველ ვარიანტში კვარციტი ნაწილობრივ იქნა შეცვლილი ტუფით (ფარდობით 1:1), ხოლო მეორე ვარიანტში კვარციტი მთლიანად იქნა შეცვლილი სილიციუმის ეკვივალენტური რაოდენობის ტუფით.

სილიკომანგანუმის შესადარებელი სამრეწველო დნობების ძირითადი ტექნიკო-ეკონომიკური მაჩვენებლები საქარხნო და შემუშავებული ტექნოლოგიების მიხედვით მოცემულია ცხრიში 3.

ჩატარებული სამრეწველო დნობების შედეგების შედარებიდან ჩანს, რომ ჩვეულებრივ (საქარხნო) ტექნოლოგიასთან შედარებით ღუმელის წარმადობა გაიზარდა 5% -ით, ელექტროენერჯის ხვედრითი ხარჯი შემცირდა 3%-ით, მანგანუმის და სილიციუმის ამოკრება გაიზარდა 2,5% და 5% შესაბამისად.

დასკვნა

1. გაანალიზებულია მანგანუმის მადნების მოპოვების, გამდიდრების, დნობისათვის კაზმის მომზადების და მანგანუმიანი ელექტროფეროშენადნობების სამრეწველო წარმოების თანამედროვე მდგომარეობა და განისაზღვრა მეტალურგიული გადამუშავების ყველა ეტაპზე მანგანუმის დანაკარგების შემცირების ძირითადი მიმართულებები.
2. გამდიდრების ტექნოლოგიური მაჩვენებლების ცვლილების გამოკვლევამ, კონცენტრატებში SiO_2 შემცველობაზე დამოკიდებულებით (ფარდობის $\% \text{SiO}_2 / \text{Mn}$ 0.2-1.6 ზღვრების ცვლილება) გვიჩვენა, რომ თუ მანგანუმის შემცველობა კონცენტრატში თანდათანობით იზრდება (20-დან 48% Mn-მდე), მანგანუმის ამოკრეფა მკვეთრად ეცემა (100-დან 45%-მდე) და კონცენტრატში ყოველი პროცენტი მანგანუმის გაზრდას შეესაბამება მანგანუმის 2%-იანი დანაკარგი, რაც უმთავრესად განპირობებულია მადნური ფაზის უფრო სრულად და ღრმა გახსნის აუცილებლობის გამო, რაც თავისთავად იწვევს შლამების რაოდენობის გაზრდას და უფრო მდიდარი კუდების წარმოქმნას.
3. ჭიათურის საბადოს, გამდიდრების სხვადასხვა სტადიაზე აღებული, ოქსიდური მადნების ნიმუშების პეტროგრაფიულმა გამოკვლევამ გვიჩვენა, რომ გრავიტაციული გამდიდრების პროცესში სილიციუმშემცველი ნაერთების ფორმები არ იცვლებიან. გამდიდრების პროდუქტები ძირითადად წარმოდგენილია თავისუფალი კვარცით, იშვიათად გვხვდება კარბონატული მადნის ნაწილაკები და ძალიან მცირე რაოდენობითაა შპატი და სლუდები.
4. თერმოგრაფიული გამოკვლევებით (1000°C -მდე) დადგინდა, რომ კონცენტრატებში კაემიწის რაოდენობის გაზრდა არავითარ გაგლენას არ ახდენს პიროლუზიტის, მანგანიტის, კურნაკიტის და ფსილომელანის თერმული დისოციაციის ენდოთერმული ეფექტების ტემპერატურულ ცვლილებებზე. შესაბამისად, კონცენტრატებში SiO_2 -ს 2-3-კერადაც გაზრდის პირობებში,

აღნიშნული ტემპერატურების ფარგლებში, არ ხდება რომელიმე ახალი ფაზების და მინერალების წარმოქმნა. კაზმში ნახშირის არსებობისას, მანგანუმის ოქსიდების დისოციაციის ტემპერატურები ინაცვლებენ უფრო დაბალი ტემპერატურებისკენ, ხოლო ენდოთერმული ეფექტის სიდიდე მით მეტია, რაც მეტია კონცენტრატში მანგანუმი და ნაკლებია კაჟმიწა.

5. შემუშავდა და განისაზღვრა მექანიკურად მტკიცე ($P_{\text{გაჭყლევ}} = 8-12 \text{ მპ}$) და თერმულად მდგრადი მადნური და მადანნახშირიანი ბრიკეტების მიღების რაციონალური პარამეტრები. დადგენილია, რომ ბრიკეტირების ოპტიმალური პარამეტრებია: კაზმის სინესტე 3.5-6.0%, შემკვრელის (სულფიტური ბარდა) რაოდენობა 8-10 და 7-8%, გამოშრობის ტემპერატურა 130-140 და დაწნეხვის მინიმალური წნევა 19.6 მპა.
6. კონცენტრატებში SiO_2 -ის გაზრდით მატულობს ბრიკეტების ხვედრითი ელექტროწინააღობა და მცირდება გარბილების საწყისი ტემპერატურა. ბრიკეტებში ნახშირის არსებობა მკვეთრად ზრდის გარბილების საწყის ტემპერატურას და ავიწროებს გარბილების ტემპერატურულ ინტერვალს. მადნური ბრიკეტებისათვის გარბილების საწყისი ტემპერატურაა $750-850^\circ\text{C}$, გარბილების ტემპერატურული ინტერვალი კი $100-120^\circ\text{C}$, ხოლო მადანნახშირიანი ბრიკეტებისათვის შესაბამისად $1250-1400^\circ\text{C}$ და $60-80^\circ\text{C}$.
7. დადგენილია, რომ კაზმში მანგანუმის კონცენტრატის ოქსიდების მექანიკური განცელკევა კვარციტების სილიციუმთან (მადანნახშირიანი ბრიკეტები) წარმოადგენს ეფექტურ საშუალებას, რათა შევამციროთ წილების წარმოქმნის სიჩქარე და უფრო ინტენსიური გავხადოთ მანგანუმის აღდგენა. ნახშირბადით გაჯერებული მაღალმანგანუმიანი ნაღობის წარმოქმნა, თავის მხრივ, იწვევს სილიციუმის აღდგენის ინტენსიფიკაციას.
8. ლაბორატორიული და ნახევრადსამრეწველო დნობების შედეგებზე დაყრდნობით დადგენილია, რომ მადნური ბრიკეტების დნობის პირობებში გამოყენებულ კონცენტრატებში SiO_2 -ის შემცველობის გაზრდა იწვევს ძირითადი ტექნიკო-ეკონომიკური მაჩვენებლების შემცირებას. სილიკომანგანუმის მიღების

შემუშავებული ტექნოლოგია, კაზმში მადანნახშირიანი ბრიკეტების გამოყენებით (35%Mn, 21.9% SiO₂) უზრუნველყოფს ელექტროლუმელის წარმადობის გაზრდას 28%-ით, მანგანუმის ამოკრეფას ლითონში 8%-ით, სილიციუმის კი- 10%, ელექტროენერგიის ხარჯი მცირდება 6%-ით, ხოლო შენადნის თვითღირებულება კი-8%-ით. წიდის საერთო გამოსავალი მცირდება 20-25%.

9. სამრეწველო მასშტაბით შემუშავებულ და დანერგილ იქნა სასაქონლო სილიკომანგანუმის გამოღობა კაზმში ტუფის გამოყენებით. დადგენილია, რომ კაზმში კვარციტის შეცვლა ტუფის (კაზმში ტუტე ლითონების ალუმოსილიკატების შეყვანა) განაპირობებს მანგანუმის და სილიციუმის უფრო ღრმად აღდგენის სიჩქარის გაზრდას. ამავედროს ლუმელის წარმადობა იზრდება 5%-ით, ელექტროენერგიის ხვედრითი ხარჯი მცირდება 3%-ით. მანგანუმის ამოკრეფა შენადნში გაიზარდა 2.5%-ით, სილიციუმისა კი 5%-ით. სილიკომანგანუმის თვითღირებულება შემცირდა 40 აშშ დოლარით.

ღირსეცააციის ძირითადი შედეგები გამოქვეყნებულია შემდეგ შრომებში

1. ზ. სიმონგულაშვილი, ბ. მაისურაძე, მ. ცირდავა, ს. ნებიერიძე, ი. მაისურაძე. კოლოგიურად საშიში მანგანუმშემცველი ნარჩენების უტილიზაცია ფეროშენადნობთა წარმოების სანედლეულო ბაზის გაფართოების მიზნით. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია, თბილისი, 2010, გვ. 116-119.
2. ზ. სიმონგულაშვილი, მ. ცირდავა, ი. მაისურაძე ს. ნებიერიძე, ბ. მაისურაძე. დაბალფოსფორიანი წიდის გამოდნობა საშალო სიმძლავრის მადანაღმდგენელ ელექტროლუმელში მანგანუმშემცველი ნარცენების გამოყენებით. "ენერჯია" სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი, თბილისი, 4(60)/2011. გვ. 93-96.
3. ზ. სიმონგულაშვილი, ი. მაისურაძე ს. ნებიერიძე, ბ. მაისურაძე. ნახშირბადშემცველი ნარჩენების და წიდის ფუძიანობის გავლენა სილიკომანგანუმის გამოსაღობ კაზმის ელექტროწინალობაზე. "აკაკი წერეთელის სახელმწიფო უნივერსიტეტი", შრომების კრებული, ქუთაისი, 2012, გვ. 74-78.
4. ზ. სიმონგულაშვილი, ს. ნებიერიძე. მ. მიქელაძე, შ. გოცირიძე. მანგანუმის და სილიციუმის ერთობლივი აღდგენის თერმოდინამიკა და კინეტიკა. "საქართველოს ქიმიური ჟურნალი", თბილისი №2, 2013, გვ. 70-74.
5. ზ. სიმონგულაშვილი, ს. ნებიერიძე. მადანთერმული ღუმელების გაანგარიშება. "ენერჯია" №4(68), თბილისი, 2014, გვ. 42-48.
6. ზ. სიმონგულაშვილი, ს. ნებიერიძე. ტუტე ლითონის ოქსიდების გავლენა მანგანუმის და სილიციუმის ერთოულად აღდგენის პროცესებზე. "კერამიკა", თბილისი, №1(31), 2014, გვ. 3-6.

Abstract

The paper deals with the very important issue of manganese ferroalloys electrometallurgy, which is of low quality manganese ores and concentrates from standard silica-making. In terms of permanent and growing deficits of high quality manganese ore, specific and experimentally determined issues dedicated to the increase of manganese and silicon useful use raised in this paper are very important. It is estimated that at time of the use of low-quality ores, the useful use of manganese and silicon therefore, does not exceed 70 and 40%. In addition, the paper discusses rational schemes of the preliminary preparation for melting blend.

The basic manganese containing component of silicon-manganese melting blend is manganese ore or concentrate. Alloy is made by continuous slag process based on simultaneous recovery of manganese and silicon oxide by coke carbon.

For making silicon-manganese in the blend for use of low-quality ores, the paper sets out a range of tasks which are satisfactorily resolved:

- _ On the base of analyzing numerous literary data published it has been estimated the number of manganese loss in the process of mining, beneficiation and melting of manganese. The paper also offers basic directions for reducing this loss.

- _ There are discussed main types of ores are studied and schemes of beneficiation and mineralogical composition.

- _ There are considered characteristics of carbon as the universal restorer and relatively inexpensive and not deficient coals for adoption of silico manganese are selected there.

- _ There are analyzed modern methods of deauration, their positive and negative sides there. In case of fine-granular low-quality ores there was selected the most rational method there.

- _ There are studied characteristics of briquetting materials and there have been

elaborated optimal parameters of briquetting there. There have been studied metallurgical characteristics of coal briquettes there.

- There is estimated the optimum composition of the lower limit, which allows us to adopt preferred brands of alloy without the sharp deterioration of technicaleconomical indices.

The paper made the correct conclusion that the right and effective way of using of oxide concentrate of low-quality manganese is briquetting them together with their restorer.

Elaborated technology for the use of low-quality oxide ores and concentrates by briquetting them together with their restorer allows us to enhance the raw material base of manganese production, to use not deficient and inexpensive restorers and to maintain technical-economic indices achieved during silicon manganese melting.