

საქართველოს
ასოციაციის

კერამიკოსთა
შურნალი

კერამიკა



CERAMICS



**JOURNAL OF THE GEORGIAN
CERAMISTS' ASSOCIATION**

Vol. 18. 1(35).2016

ISSN 1512-0325

საქართველოს კერამიკოსთა ასოციაციის ჟურნალი
JOURNAL OF THE GEORGIAN CERAMISTS' ASSOCIATION



kerami ka **CERAMICS**

სამეცნიერო-ტექნიკური და საარმოო ილუსტრაციები,
რეგისტრაციები, რეფერირებადი ჟურნალი

Vol. 18. 1(35).2016

სარედაქციო კოლეგია:

ი. ბერძენიშვილი, მ. ბიბილაშვილი, გ. გაფრინდაშვილი (მთ. რედ. მოადგილე), ლ. გვასალია, ა. გრიგოლიშვილი, ელ. ელიზბარაშვილი, დ. ერისთავი, ლ. თოფურია, რ. თურმანიძე, მ. კეკელიძე, ზ. კოვზირიძე (მთ. რედაქტორი), ნ. კუციავა, მ. მაისურაძე, რ. მამალაძე (მთ. რედ. მოად.), ზ. მესტირიშვილი, მ. მუჯირი, ნ. ნიჟარაძე (პასუხისმგებელი მდივანი), დ. ნოზაძე, მ. ოქროსაშვილი, ა. სარუხანიშვილი (მთ. რედ. მოად.), გ. ტაბატაძე, რ. ქაცარავა, ე. შაფაქიძე, ჯ. შენგელია, რ. ხუროძე, თ. ჭეიშვილი, დ. ჯინჭარაძე

EDITORIAL BOARD:

I. Berdzenishvili, M. Bibilashvili, T. Cheishvili, E. Elizbarashvili, D. Eristavi, G. Gaprindashvili (vice-editor-in-chief), A. Grigolishvili, L. Gvasalia, D. Jincharadze, R. Katsarava, M. Kekelidze, R. Khurodze, Z. Kovziridze (editor-in-chief), N. Kuciava, M. Maisuradze, R. Mamaladze (vice-editor-in-chief), Z. Mestvirishvili, M. Mujiri, N. Nizharadze (executive secretary), D. Nozadze, M. Okrosashvili, A. Sarukhanishvili (vice-editor-in-chief), E. Shapakidze, J. Shengelia, G. Tabatadze, L. Topuria, R. Turmanidze

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

И. Бердзенишвили, М. Бибилашвили, Г. Гаприндашвили (заместитель главного редактора), Л. Гвасалиа, А. Григолишвили, Д. Джинчарадзе, Р. Кацарава, М. Кекелидзе, З. Ковзиридзе (главный редактор), Н. Куцава, М. Маисурадзе, Р. Мамаладзе (заместитель главного редактора), З. Мествиришвили, М. Муджири, Н. Нижарадзе (ответственный секретарь), Д. Нозадзе, М. Окросашвили, А. Саруханишвили (заместитель главного редактора), Г. Табатадзе, Л. Топуриа, Р. Турманидзе, Е. Шапакидзе, Дж. Шенгелия, Р. Хуродзе, Т. Чеишвили, Э. Элизбарашвили, Д. Эристави

შურნალში „კერამიკა“
გამოქვეყნებული სტატიების
პირითადი თემატიკა

ყველა სახის მიწის,
კერამიკის, კერამიკული და
პოლიმერული კომპოზიტების,
ფეხავთარი მასალების,
ჭიმურის და მიწანძრის,
სხეული ძვის,
მინერალური ბამბის,
მჭიდვ მასალების, ცემენტის და სხვა
არარეზინული,
ქველდნობადი,
ახალი და ტრადიციული მასალის
სფეროში
ჩატარებული სამეცნიერო კვლევები,
მათი მიღების ტექნიკა და
ტექნოლოგია, ნანოტექნოლოგია და
ნანოქიმიკა
პოლიმერული ბიომასალები
ბიომედიცინა
ორგანულ ნივთიერებათა
ტექნოლოგია
მეტალურგია
მასალათმცოდნეობა
კომპოზიციური მასალები და
ღანაფარები
არარეზინული და ორგანული
სინთეზი
ნანომასალებისა და კომპოზიტების
მიღების ელექტროქიმიური
ტექნოლოგიები
თერმოქიმიკა, პინეტიკა და
კატალიზი

შურნალში აბრეშვი
შესაძლებელია განთავსდეს
სტატიები შემდეგ საკითხებზე:

- ✓ ახალი ტექნიკა, მონაცემების
სანარმოთა და წარმოების ტექნიკური
გადაიარაღება.
- ✓ სანედლეულო ბაზის განვითარება,
ნედლეულის რაციონალური
გამოყენება, მათ შორის ადგილობრივი
წარმოების წარჩენების.
- ✓ რესურს- და ენერგოდამზოგველი
ტექნოლოგიები. გარემოს დაცვა.
- ✓ სანარმოთა სამეურნეო მოღვაწეობა
საბაზრო პირობებში, ეკონომიკა,
მარკეტინგი.
- ✓ საქარხნო გამოცდილება.
- ✓ ინფორმაცია, რეკლამა.

გამოქვეყნების სფეროები

- ენერგეტიკა
- მშენებლობა
- სახალხო მოხმარების საგნები
- ქიმია და ქიმიური ტექნოლოგია
- მასალათმცოდნეობა
- მეტალურგია
- ელექტრონიკა და ელექტროტექნიკა
- მედიცინა
- ოპტიკა
- სხვა სფეროები
- გარემოს დაცვა

[http:// www.ceramics.gtu.ge](http://www.ceramics.gtu.ge)

მეცნიერება და ტექნოლოგია

შპს 666.291.3

ინფრაწითელი სხივებით პურ-ფუნთუშაული პროდუქტების ცხოვრება

გ. გაფრინდაშვილი

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: g.gafrindashvili@gtu.ge

რეზიუმე: განხილულია ინფრაწითელი სხივებით პურ-ფუნთუშაული პროდუქტების ცხოვრების ტექნოლოგიის თავისებურებები. სინთეზირებულია ადგილობრივი ბუნებრივი ნედლეულების გამოყენებით თერმულად მდგრადი კერამიკა და შემცხვარი მასა მაღალი სიშავის კოეფიციენტით, რაც უზრუნველყოფს ცხოვრების ინტენსიურობას.

საკვანძო სიტყვები: ინფრაწითელი სხივები; კონვექცია; კონდუქცია; პოლიმერიზაცია; პერფორირებული ფორმა; რენტგენოფაზური ანალიზი; კლინოენსტატიტი; მულიტი; კორდიერიტი.

1. შესავალი

ცხოვრების ხანგრძლივობის შემცირება, ტექნიკური და ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფილი და ახლებური რეჟიმით ყოველთვის იწვევდა ეჭვს – ხომ არ უარესდება ამით პურ-ფუნთუშაულის ხარისხი? ასეთი ეჭვები განსაკუთრებით მაშინ გამძაფრდა, როდესაც ფირმა „Вахтель ГМБХ“-მა პურის მცხოვრებელთა საერთაშორისო გამოფენაზე – iba ბაზარზე პირველად გამოიტანა პურის საცხობი თაროებიანი მინი-ღუმელები STIR (Selektives Transformiertes Infra Rot (გამოყოფილი ტრანსფორმირებული ინფრაწითელი გამოსხივება)).

STIR დანადგარის ტექნოლოგიით ღუმელის სამუშაო კამერის შიგა ზედაპირი დაფარულია სპეციალური კერამიკული მასით, რომელიც საშუალებას იძლევა მივიღოთ ნაკადი, რომლის 70–80% ინფრაწითელი სხივებია ანუ სითბური ენერჯის მასალაზე გადაცემის სახეობებიდან (კონვექცია, ჩვეულებრივი გამოსხივება და კონდუქცია) 80%-მდე ინფრაწითელ სხივებზე მოდის.

2. ძირითადი ნაწილი

ცნობილია, რომ ბუნებაში არსებული ნებისმიერი სხეული, რომლის ტემპერატურა აღემატება აბსოლუტური ნულის ტემპერატურას, ინფრაწითელი გამოსხივების წყაროა [1]. გამოსხივებული ენერჯის სიდიდე დამოკიდებულია სხეულის ტემპერატურაზე, გამოსხივების ინტეგრალურ კოეფიციენტსა (სხეულის სიშავის

კოეფიციენტი) და გამომსხივებელი სხეულის ზედაპირის ფართობზე. ინფრაწითელი გამოსხივების ყველაზე დიდი ბუნებრივი წყარო მზეა. ზაფხულის პერიოდში ინფრაწითელი გამოსხივების წილი მზის სპექტრში შეადგენს არანაკლებ 50%-ს, ხოლო ვარვარ ნათურებში – 95%-ს. სახელწოდება „ინფრაწითელი“ ნაწარმოებია ლათინურიდან – infra – დაბლა, ქვემოთ, ვინაიდან ეს სხივები თვალთ უხილავი ელექტრომაგნიტური გამოსხივებაა, მოთავსებულია სპექტრის სფეროში 0,77–420 მკმ სიგრძის ტალღის ზონაში ანუ მოქცეულია სპექტრის ხილულ წითელ სხივებსა და ულტრამოკლე რადიოტალღებს შორის.

ინფრაწითელი სხივები პირობითად შეიძლება დაეყოთ სპექტრის სამ უბნად: მოკლეტალღიანი (0,77–15 მკმ), საშუალოტალღიანი (15–100 მკმ) და გრძელტალღიანი (100–420 მკმ). ინფრაწითელი გახურების ტექნიკაში პრაქტიკული გამოყენება აქვს მოკლეტალღიანი ინფრაწითელ სხივებს, მათ ზოგჯერ სითბურს უწოდებენ, ვინაიდან მათი ინტენსიურობა განისაზღვრება გამომსხივებელი სხეულის ტემპერატურით.

იმის გამო, რომ ინფრაწითელი სხივები ხანიათდება მასალაში დიდი შეღწევადობის უნარით, აღნიშნულ ღუმელში პურის ცხოვრება მიმდინარეობს შიგნიდან გარე ზედაპირისკენ და არა ისე, როგორც დღეს არსებულ ქარხნებში – გარედან შიგნით. ცხოვრების ასეთი რეჟიმი საშუალებას გვაძლევს პურის ცხოვრების ხანგრძლივობა თითქმის 50% შევამციროთ. პურის ხარისხს შორის განსხვავება ტრადიციულ კონვექციურ ღუმელებში ცხოვრებასა და ახალი ტექნოლოგიით ცხოვრებას შორის არ არსებობს, რაც დასტურდება პრაქტიკაში ხანგრძლივი დაკვირვებისა და კონტროლის შედეგად.

ინფრაწითელ გამოსხივებას აქვს ორი მნიშვნელოვანი მახასიათებელი: გამომსხივებელი სხეულის ტალღის სიგრძე (გამოსხივების უნარი) და გამოსხივების ინტენსიურობა. ენერჯის სრულ რაოდენობას, გამოსხივებული დროის ერთეულში, ერთეული ზედაპირიდან უწოდებენ ინფრაწითელი გამოსხივების უნარს – $E, B_T/M^2$. გამოსხივების ენერჯია დამოკიდებულია ტალღის სიგრძესა და გამომსხივებელი ზედაპირის ტემპერატურაზე, რომელიც ინტეგრალური მახასია-

თეგელია, ვინაიდან მხედველობაში მიიღება ყველა ტალღის ენერგია. გამოსხივების უნარს, რომელიც მიეკუთვნება $d\lambda$ სიგრძის ტალღის ინტეგრალს, ეწოდება გამოსხივების ინტენსიურობა – $I, B_T/(M^2-MKM)$.

$$I = \frac{dE}{d\lambda} \text{ გაინტეგრალებით } E = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I, d\lambda.$$

გამომსხივებლის სიმძლავრის გაზრდით და, შესაბამისად, გამომსხივებელი ზედაპირის ტემპერატურის გაზრდით ასევე იზრდება სხივების ინტენსიურობა, ხოლო გამოსხივების სპექტრი გადადის მცირე სიგრძის ტალღის სფეროში, ამ დროს გამოსხივების ინტენსიურობის პიკი (სპექტრის 85–90%) ხვდება 1,5–6მკმ სიგრძის ტალღის დიაპაზონში, რაც შეესაბამება ინფრაწითელი სხივებით ცხობისა და შრობის ოპტიმალურ რეჟიმს [2].

ცნობილია მასალების სითბური დამუშავების სხვადასხვა ხერხი და მეთოდი, მაგრამ დღეს ყველაზე მნიშვნელოვანი ეფექტურობისა და ეკონომიკური მაჩვენებლების თვალსაზრისით სხივური მეთოდი ანუ სითბური ენერგიის გადაცემა გახურებული წყაროდან ობიექტისადმი გამოსხივების გზით. იგულისხმება არა ჩვეულებრივი სხივური ნაკადი, არამედ ინფრაწითელი გამოსხივება. ინფრაწითელი სხივები თითქმის არ შთაინთქმება და არ გაიბნევა ატმოსფეროში, ხასიათდება დიდი შედგენილობის უნარით. აღნიშნული უნიკალური თვისებები საშუალებას გაძლევს ინფრაწითელი გამოსხივება ფართოდ გამოვიყენოთ სხვადასხვა მასალის თერმული დამუშავებისას (დნობა, შეცხობა, წრობა, შრობა, პოლიმერიზაცია, ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების სტიმულირება და ა.შ.).

კერამიკული მასის შერჩევისას გამოყენებული ნედლეულის სახეობა განესაზღვრეთ, ერთი მხრივ, მიღებული პროდუქციისადმი წაყენებული მოთხოვნების და, მეორე მხრივ, წარმოების შერჩეული ტექნოლოგიური პროცესების თავისებურებიდან გამომდინარე.

ცნობილია კერამიკული მასების შედგენილობა პერფორირებული ფორმის ფილების დასამზადებლად, რომელთა დაყალიბება პლასტიკური მეთოდით ხდება სპეციალურ წნეხზე განსაზღვრული ზომის ნემსისებრი პუნსონის გამოყენებით. კერამიკული კაზმის შედგენილობაში გამოვიყენოთ ადგილობრივი ბუნებრივი ნედლეულები: ჯვარისა-გურნის კაოლინი, ოზურგეთის კაოლინიზებული ტრაქტი, ფარავნის პერლიტი, ძირულის თაღკი და მინის ღეწი [3].

მნიშვნელოვანია ინფრაწითელი სხივებით სითბური დამუშავების ეფექტურობა, განსაკუთრებით კვების პროდუქტების მიმართ. ოპტიმალური სიგრძის ტალღის დროს ინფრაწითელი გამოსხივება ინტენსიურად შთაინთქმება იმ წყლის მიერ, რომელიც მასალაშია, მაგრამ არ შთაინთქმება ან უმნიშვნელოდ შთაინთქმება თვით მასალით. ეს ნიშნავს, რომ წყლის მოცი-

ლება აორთქლებით შესაძლებელია მასალის უმნიშვნელო გახურების პირობებში ($\sim 60^\circ C$). წარმოდგენილი თერმული რეჟიმი საშუალებას გაძლევს პრაქტიკულად მთლიანად შევინარჩუნოთ კვების პროდუქტებში ვიტამინები, ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები, არომატი, გემოვნება და სხვა მნიშვნელოვანი დანამატები.

ჯვარისას კაოლინები მდებარეობს სადგურ ორპირიდან 8 კმ-ის დაშორებით ჩრდილოეთი მიმართულებით და მასთან დაკავშირებულია საავტომობილო გზით. საბადო იყოფა ორ მონაკვეთად: ელიაწმინდა და წიქარაული. კაოლინის მარაგი $A_2+B+C_1+C_2$ კატეგორიით 1,591611 ტონაა. რაც შეეხება გურნის კაოლინურ თიხებს საბადო მდებარეობს სოფ. გურნიდან აღმოსავლეთით 1–2 კმ-ზე თხისზურგის (ადგილი) მიდამოებში რკინიგზის სადგურ ორპირიდან 17კმ-ზე, 650–670 მ აბსოლუტურ სიმაღლეზე. ადგილმდებარეობის ფართობი 20 ჰექტარია.

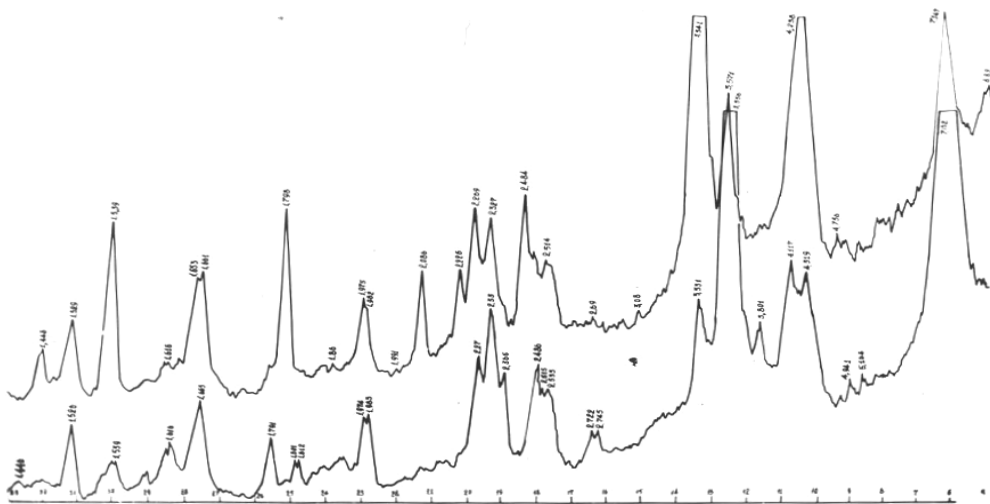
გურნის სელექციური კაოლინი მიეკუთვნება მაღალ ტემპერატურაზე შეცხობად კერამიკულ ნედლეულს, რომლის გამკვრივების ინტერვალი $1100-1350^\circ C$ ტემპერატურის ფარგლებშია.

გურნის კაოლინის რენტგენოგრაფიაზე (სურ. 1, შედარებისათვის მოგვეყავს პროსიანოვის კაოლინის რენტგენოგრაფია) წარმოდგენილია შემდეგი ძირითადი პიკები:

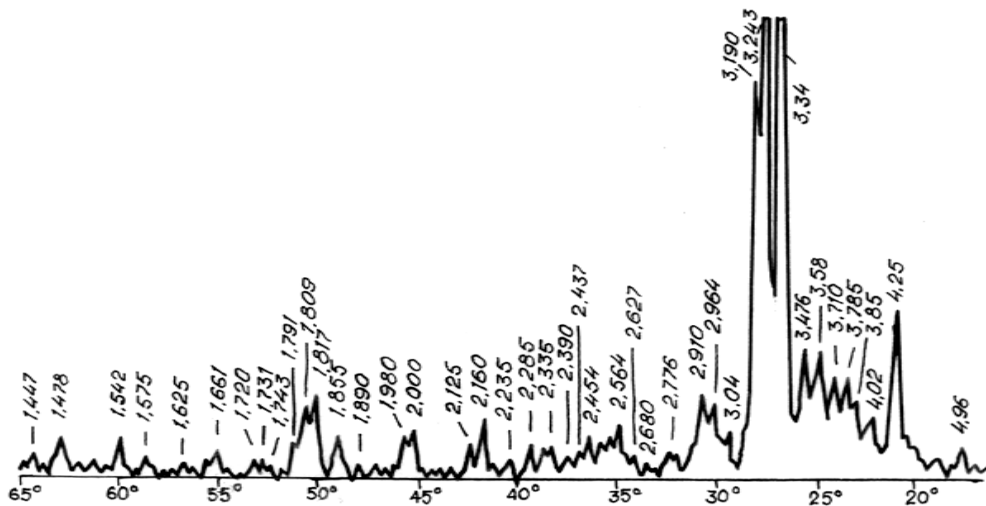
$d=7,147\text{\AA}; 3,571\text{\AA}; 2,328\text{\AA}; 1,661\text{\AA}$ დამახასიათებელია კაოლინიტისათვის, $d=4,239\text{\AA}; 3,341\text{\AA}; 2,086\text{\AA}; 1,639\text{\AA}; 1,372\text{\AA}$ – კვარცისათვის; $d=4,182\text{\AA}; 2,163\text{\AA}; 1,991\text{\AA}; 1,798\text{\AA}$ – მიკროკლინისათვის; $d=2,691\text{\AA}; 1,78$ – მინერალ ჰემატიტისათვის.

გასული საუკუნის 70-იან წლებში პროფ. კ. ქუთათელაძის და გ. გაფრინდაშვილის მიერ საფუძვლიანად იქნა შესწავლილი ტრაქიტები, როგორც მინდვრის შპატის შემცველი ბუნებრივი ნედლეული [4,5]. 2009–2010 წლებში დაძიებული იყო ოზურგეთის ტრაქიტის ახალი უბნები (მთისპირი, ყვინილაური), სადაც გამოვლინებულ იქნა მაღალი სისუფთავის კაოლინიზებული ტრაქიტები, როგორც ახალი კომპლექსური ნედლეული ძვლის ფაიფურის კაზმის შედგენილობაში. კაოლინიზებული ტრაქიტის მთავარი მინერალი, ისევე როგორც ნებისმიერ ტრაქიტებში, კალიუმის მინდვრის შპატია, რომელიც წარმოქმნის წაგრძელებულ მიკროლიტებს ნაკადების სახით. ძირითადი მასის ასეთი აგებულება დამახასიათებელია ტრაქიტებისათვის და ტრაქიტული სტრუქტურის სახელწოდება მიიღო.

რენტგენოფაზური ანალიზის მონაცემების თანახმად (სურ. 2), ძირითადი კრისტალური ფაზები წარმოდგენილია კალიუმის მინდვრის შპატის მინერალ ორთოკლაზის, კვარცისა და კაოლინიტის სახით ($d=4,25; 3,58; 3,24\text{\AA}$ – ორთოკლაზი; $d=3,34; 2,45\text{\AA}$ – კვარცი; $d=3,58; 1,661\text{\AA}$; – კაოლინიტი).



სურ. 1. გურნისა და პროსიანოვის კოლინის რენტგენოგრამები



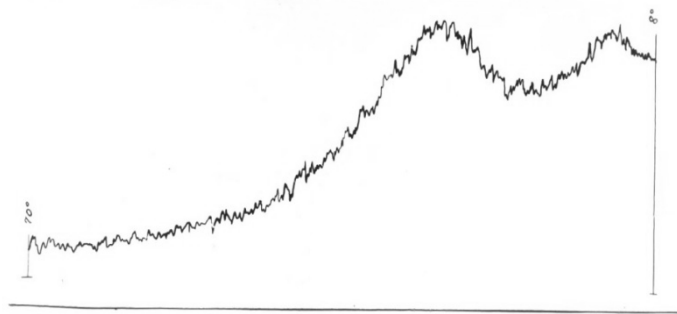
სურ. 2. კოლინიზებული ტრაქიტის რენტგენოგრამა

ფარაენის პერლიტის საბალო მდებარეობს ნინოწმინდის რაიონში, ფარაენის ტბიდან 2–3 კმ-ზე. საბალო ზღვის დონიდან 2150–2250 მ-ზეა. იგი განლაგებულია ახალქალაქის რკინიგზის 101 კმ-ის მიმდებარე ტერიტორიაზე. დაძიებული და დამტკიცებული მარაგები აღემატება $A+B+C_1=14 \cdot 10^6$ მ³-ს. საპროგნოზო – $C_2=100 \cdot 10^6$ მ³-ს.

პერლიტი, როგორც დეფიციტური მინდვრის შპატის შემცველი ბუნებრივი მაღლობელი, კერამიკაში დანერგილია კ. ქუთათელაძის, ი. ხიზანიშვილის და გ. გაფრინდაშვილის მიერ [6, 7]

ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 60-იან წლებში. ამ სიახლემ მიიღო საერთაშორისო ხასიათი და გამოიყენება მრავალ ქვეყანაში. ძალზე მნიშვნელოვანია, რომ პერლიტის გამოყენების შემთხვევაში მისი მარცვლების ზომა კერამიკაში იყოს ერთგვაროვანი და თანაბრად განაწილებული მთელ მოცულობაში [8, 9].

პერლიტი (ოქსიდური) ვულკანური წარმოშობის მინისებრი ქანია, რაც დასტურდება აგრეთვე რენტგენოსტრუქტურული ანალიზითაც, შეიცავს ასევე მინარეგებს, რომლებიც იმყოფება კოლოიდურ-დისპერსიულ მდგომარეობაში (სურ. 3).



სურ. 3. ფარაენის პერლიტის რენტგენოგრამა

თაღის საბადო მდებარეობს ძირულის კრისტალური მასივის აღმოსავლეთ ნაწილში, მდინარეების – ლოპანისწყლის და ჭერათხევის აუზში. თაღის შედგენლობა მერყეობს შემდეგ ფარგლებში: $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ -დან $4MgO \cdot 5SiO_2 \cdot H_2O$ -მდე ზღვრებში და მცირე რაოდენობით შეიცავს სხვა ოქსიდების მინარევებსაც.

თიხების მსგავსად, თაღი გახურებით დეჰიდრატაციას განიცდის და წარმოიქმნება კლინოენსტატიტი და კვარცი ($\sim 1200 - 1300^\circ C$).

ტრადიციული კერამიკული ტექნოლოგიით (ნედლეულის შრობა – $105^\circ C$, კაზმის შედგენა, ბირთვებიან წისქვილში სველი მეთოდით 3-ჯერადად დაფქვა, თანაფარდობა მ:ბ:წ – 1:1,5:1,3. შლიკერის გაუწყლოება თაბაშირის ფორმებში, რათა მივიღოთ პლასტიკური ცომის სინესტე – 18–19%, ფილების (ზომა $6,5 \times 4,5 \times 1,3$ მმ) დაწნევა, 1 ფილაზე 1,2 მმ დიამეტრის 650 ხვრელი, შრობა, გამოწვა $1060^\circ C$) მიღებული ფილები სრულად პასუხობს ინფრაწითელი გამოსხივების მასალებისადმი პრაქტიკული გამოყენების მოთხოვნებს. მასალის თხვეკ $3,4 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ C^{-1}$ $20-800^\circ C$ ინტერვალში უზრუნველყოფს მნიშვნელოვან თერმულ მდგრადობას.

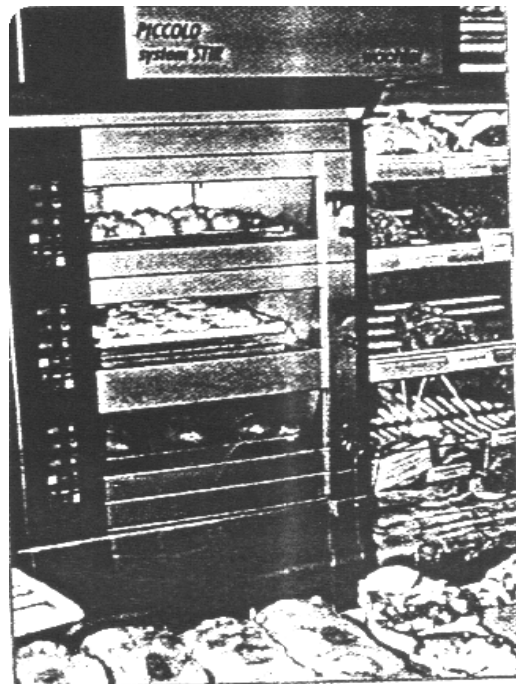
რენტგენოფაზური ანალიზით დაახლოებით 65% კვარცი, 23% მულიტი, 12% კორდიერიტი მიიღება.

კირკსოფის კანონის თანახმად, სხეულის სხივშთანთქმის უნარი პირდაპირპროპორციულია სხივამოსხივების უნარის ანუ აბსოლუტურად შავი სხეული ხასიათდება მაქსიმალური გამოსხივების უნარით, ამიტომ კერამიკული მასალის (კორდიერიტი, კლინოენსტატიტი, მულიტი, შამოტი) სიშავის კოეფიციენტი უნდა იყოს მაღალი. სინთეზირებულ ფილებს ვფარავთ სპეციალური კერამიკული მასით (წითლად წვადი ადგილობრივი თიხა, ჭიათურის მანგანუმი, ფარაენის პერლიტის საფუძველზე სინთეზირებული ფრიტა ან მინის ლეწი) და ვწვავთ $950^\circ C$ -ზე, სიშავის კოეფიციენტი თითქმის 98%-ია.

ამრიგად, მიღებულია მაღალი ხარისხის ინფრაწითელი სხივების გამომსხივებელი კერამიკული მასალა და დამუშავებულია მისი დამზადების ტექნოლოგია.

პურ-ფუნთუშეულის ცხობის ტექნოლოგია ინფრაწითელი სხივებით ფართოდაა გავრცელებული გერმანიაში, ავსტრიაში, იტალიასა და ევროპის სხვა ქვეყნებში და რაც მნიშვნელოვანია წარმოება უშუალოდ პურის მაღაზიებში ხდება (სურ. 4). ცხობის სრული პროცესი ჩემი თვალთ მატკს ნანახი: მაღაზიის ღუმლებთან დაკავშირებით აღვნიშნავ, რომ სართულებიანი ღუმლის წარმადობა მის მიერ დაკავებული ფართობის მიხედვით მნიშვნელოვნად აღემატება საყოველთაოდ დომინირებულ კონვექციურ ღუმლებს. რაც შეეხება მოქნილობას ანუ ერთდროულად სხვადასხვა პროდუქტის ცხობა ღუმლის ნებისმიერ თაროზე, ცალკეული სისტემის მართვა, არავითარ სირთულეს არ წარმოადგენს.

მიკული მასალა და დამუშავებულია მისი დამზადების ტექნოლოგია.



სურ. 4. პურ-ფუნთუშეულის საცხობი სართულებიანი ღუმელი

3. დასკვნა

ადგილობრივი არამადნეული ბუნებრივი ნედლეულების გამოყენებით მიღებულია თერმულად მდგრადი კერამიკა კვარცის, მულიტის და კორდიერიტის ფაზური შემცველობით. სინთეზირებულია მაღალი სიზავის კოეფიციენტის კერამიკული მასა სისტემით – $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-MnO-MgO-Na}_2\text{O}$.

ლიტერატურა

1. Политехнический словарь. Главный редактор акад.И.И.Артоболевский. М.: Советская Энциклопедия, 1977. - 187с.
2. Брамсон М.А. Инфракрасное излучение нагретых тел. М.: Наука, 1964. - 227 с.
3. გ. გაფრინდაშვილი. ტიხრული მინანქარი ძეგლის ფაიფურის ფუძეზე. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, 2015, 166 გვ.
4. Кутателадзе К.С., Гаприндашвили Г.Г. Применение трахита в качестве плавня при производстве

санитарных керамических изделий // Реферативная инф. Серия «Керамическая промышленность», вып. 2. М., 1980, с. 33-35.

5. Кутателадзе К.С., Гаприндашвили Г.Г. Трахит как плавень в производстве плиток для внутренней облицовки стен // Реферативная информация, серия «Керамическая промышленность», вып. 4. М., 1980, с.19-21.
6. Круглицкий И.М., Кутателадзе К.С., Гаприндашвили Г.Г., Мамаладзе Р.А. Применение новых заменителей для изготовления керамических масс. Изд. УкрНИИТИ, Киев, 1980, с. 38.
7. Хизанишвили И.Г., Гаприндашвили Г.Г. Фарфоро-фаянсовые изделия из перлитосодержащих масс // Сообщения АН ГССР, XV, #2, 1967, с.42-44/
8. Специальная керамика. Труды симпозиума Британского керамического общества. М., 1968. – 178 с.
9. Libermann. J. Reliability of Materials for High – Voltage Insulators. Am. Ceram. Soc Bull 79 (2000) [S], p, 55-58.

UDC 666.291.3

BAKING OF BAKERY PRODUCTS WITH APPLICATION OF INFRARED RAYS

G. Gafrindashvili

Resume: A foundation of technology baking bakery products with application of infrared beams.

Key words: infrared rays; convection; polymerization; the punched form; X-ray analysis; mullite; cordierite; clinoenstatite.

УДК 666.291.3

ВЫПЕЧКА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФРАКРАСНЫХ ЛУЧЕЙ

Гаприндашвили Г.Г.

Резюме: Разработана основа технологии выпечки хлебобулочных продуктов с применением инфракрасных лучей.

Ключевые слова: инфракрасные лучи; конвекция; полимеризация; перфорированная форма; рентгенофазовый анализ; клиноэнстатит; муллит; кордиерит.

თბილისის პურის მეწარმეთა კავშირი
კავშირის თავმჯდომარე მალხაზ დოლიძე
ქ.თბილისი ზესტაფონის ქ.#11
ტ. 266 32 97



THE UNION OF THE ENTERPRENEI
OF THE LEAVED BREAD OF TBILISI
11 ZESTAPHONI AV. TBILISI
TEL. 266 32 97

1

3 მაისი 2016 წ

საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს

პროფესორ გურამ გაფრინდაშვილის მიერ შემოთავაზებული პერფორირებული კერამიკული ფილა დამზადებული ქართული ადგილობრივი ბუნებრივი ნედლეულით (გვარისა გურნის, კაოლინი ოზურგეთის კაოლინიზირებული ტრაქტი, ფარავანის პერლიტი, მირულის თალკი და მინის ლეწი როგორც ტექნიკური ასევე ეკონომიკური და ტექნოლოგიური თვალსაზრისით მეტად მნიშვნელოვანია, რადგანაც აღნიშნული სანთურით მიღებული ინფრაწითელი გამოსხივება ეფექტურია. თუ გავითვალისწინებთ იმ გარემოებას რომ კვების მრეწველობაში და კერძოდ პურისა და საკონდიტრო მრეწველობაში ტექნოლოგიური პროცესების ინტენსიფიკაცია მოდერნიზაცია განხორციელდა ანუ დაჩქარდა ტექნოლოგიური პროცესები ინფრაწითელი გამოსხივება უზრუნველყოფს საცხობ კამერაში თანაბარი ტემპერატურული რეჟიმის სრულყოფილებას ხელს უწყობს ნახევარფაბრიკატებში ცომში პურის გემოვნური თვისებების შენარჩუნებას მითუმეტეს ნახევარფაბრიკატებში (ცომში) სინესტე ასორტიმენტის მიხედვით 43-44-45%-ია ასეთი ფილებით შექმნილი თერმორეჟიმი საშუალებას გვაძლევს ვარეგულიროთ ცხობის პროცესი. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ქართული პურის საცხობ ღუმელებში სანთურების ასეთი ფილებით აწყობილი კონსტრუქციის გამოყენება რაც ნახევარჯერ ზოგავს ბუნებრივი აირის ხარჯს. ასეთი სანთურები ტექნიკურადაც აადვილებს როგორც მონტაჟს ასევე დემონტაჟს ის მარტივი და ხელსაყრელია და არ ჩამოუვარდება უცხოურ ანალოგებს, ამიტომ მიმაჩნია აღნიშნული ფილების წარმოება სასარგებლოა და აუცილებელი მეწარმეთა ხელშეწყობის თვალსაზრისით.

თბილისის პურის მრეწველთა

კავშირის თავმჯდომარე

ტექ.მეცნ.დოქტორი მ.დოლიძე



შპს 666. 762.93

სიალონშიმცხველი კომპოზიტის მიღება ნიტროალუმინოთერმული პროცესებით, რეაქციული შეცხოვის და ცხელი დაწნევის მეთოდით

ზ. კოვზირიძე, ნ. ნიჟარაძე, ნ. დარახველიძე, გ. ტაბატაძე, ზ. მესტიერიშვილი

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: kowsiri@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანი: სამუშაოს მიზანია სიალონ-შემცველი კომპოზიტის მიღება ნიტროალუმინოთერმული პროცესებით, რეაქციული შეცხოვის და ცხელი დაწნევის მეთოდით.

მეთოდი: კომპოზიტი CH-6 მიღებულია რეაქციული შეცხოვის მეთოდით და შემდგომი ცხელი დაწნეხით ვაკუუმ-ღუმელში 1600°C-ზე 30 მპა წნევით, ბოლო ტემპერატურაზე 10–12 წთ დაყოვნებით. პრეკურსორი მომზადდა თერმოსტატში 150°C-ზე, ცივად დაიწნეხა 12–15 მპა-სა და 20-25 მპა-ზე.

შედეგები: ჩატარებულია ცხელი დაწნეხით მიღებული ნიმუშების ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებების კვლევა. მექანიკური მაჩვენებლები შეადგენს: სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას – 1640 მპა, სიმტკიცის ზღვარი ღუნვისას – 490 მპა; დრეკადობის მოდული – 199,5 გპა; HV – 1140 გპა.

რენტგენოსტრუქტურული, ელექტრონულ-მიკროსკოპული და მიკრორენტგენოსკოპული ანალიზით შესწავლილია მიღებული კომპოზიტის მიკროსტრუქტურა და ფაზური შედგენილობა. დადგენილია კომპოზიტის შედგენილობა, რომლის ძირითადი ფაზებია: β სიალონი, კორუნდი და სილიციუმის კარბიდი.

დასკვნა: მიღებული კომპოზიტი CH-6 ხასიათდება ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებებით – მაღალი სისაღით, სიმკვრივით და სიმტკიცით.

საკვანძო სიტყვები: მაღალცეცხლგამძლე კომპოზიტი; რეაქციული შეცხოვა; ნიტროალუმინოთერმული პროცესები; სიალონი; კორუნდი; სილიციუმის ნიტრიდი; სილიციუმის კარბიდი.

1. შესავალი

ბოლო წლებში სიალონის კერამიკა უფრო მეტად გამოიყენება ცვეთამდეგი, აბრაზიული, კონსტრუქციული დანიშნულების ნაკეთობების დასამზადებლად, რადგან გამოირჩევა უნიკალური მექანიკური თვისებებით, თერმული მედეგობით და მედეგობით ქიმიური გარემოს ზემოქმედების

მიმართ მაღალ ტემპერატურებზე. ამის გამო, სიალონებს ჭკვიანი სუპერკერამიკა ეწოდა.

სიალონები გამოიყენება ტექნიკის სხვადასხვა სფეროში. მიუხედავად მეცნიერების მრავალრიცხოვანი შრომებისა [1-9], რომელიც ეძღვნება სიალონების მიღებას უცხოეთის ბევრ ქვეყანაში, მათში გადმოცემულია სიალონების სინთეზის მეთოდები ძირითადად ლაბორატორიული ექსპერიმენტის მიხედვით, მცირე ინფორმაციაა სამრეწველო მიღების მეთოდების შესახებ. ეს დაკავშირებულია სინთეზის პროდუქტების მაღალ მგრძობიარობასთან, ნედლეულის ქიმიურ შედგენილობასა და მიმდინარე პროცესების პარამეტრებთან. ეს ართულებს მისაღები პროდუქტების ფაზური შედგენილობის პროგნოზირებას.

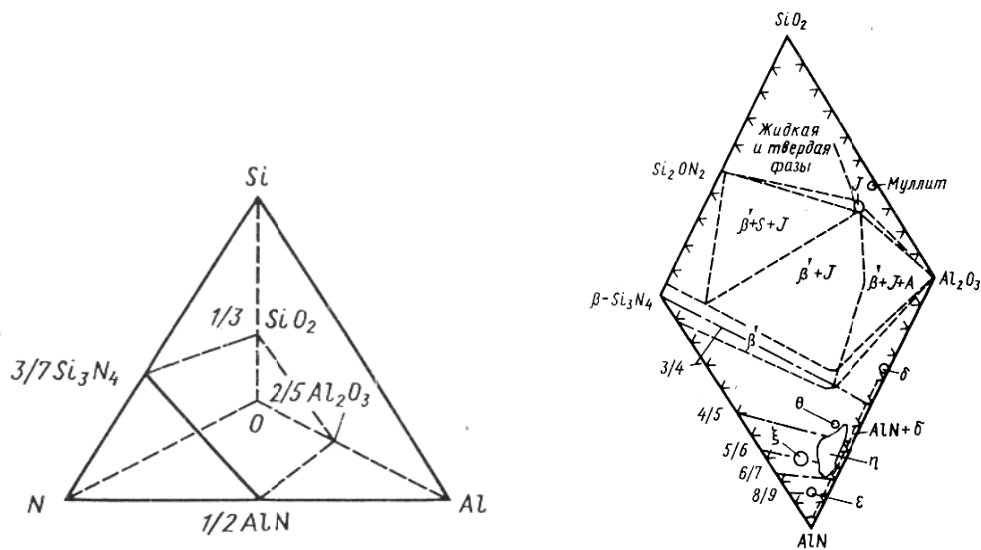
ამასთან დაკავშირებით, სიალონის სინთეზის მიმდინარეობის შესწავლა და საიმედო მეთოდების შერჩევა ახალი ფუნქციური მასალების მისაღებად თანამედროვე მასალათმცოდნეობის აქტუალური ამოცანაა.

განსხვავებენ 10 სახის სიალონს, განსხვავებული კრისტალური სტრუქტურით (არსებობს სილიციუმის ნიტრიდის, სილიციუმის ოქსინიტრიდის, ალუმინის ნიტრიდის, მულიტის სტრუქტურით) და Al:Si განსხვავებული თანაფარდობით [10-13]. სიალონების კრისტალური სტრუქტურა მსგავსია იმ ნაერთის სტრუქტურისა, რომელთანაც ახლოსაა მისი წარმოქმნის არე. სიალონების რამდენიმე ტიპი არსებობს: α; β; X; O¹; H; R.

სხვადასხვა ტიპის სიალონის მიღების მეთოდები განსხვავდება საწყისი ნედლეულით და პროცესის განხორციელების პირობებით (ტემპერატურა, დრო, წნევა, ატმოსფეროს შედგენილობა). β სიალონის ზოგადი ფორმულაა: Si_{6-x}Al_xO_xN_{8-x} (სადაც x= 0÷4,2). იგი განიხილება, როგორც Si₃N₄-ის მყარი ხსნარი ალუმინის ნიტრიდისა და ოქსიდის მყარ ხსნარში [14-18].

სისტემა Si-Al-O-N შეიძლება წარმოვადგინოთ ოთხკომპონენტური, სქემატურად გამოსახული ტეტრაედრის სახით, რომლის წვეროებში განლაგებულია შემადგენელი ელემენტები (სურ. 1).

სიალონური ფაზების სტრუქტურა და სახელწოდება წარმოდგენილია 1-ელ ცხრილში [19-21].



სურ. 1. Si-Al-O-N სისტემაში შემადგენელი კომპონენტების განაწილების სქემა

ცხრილი 1

სიალონური ფაზების სახელწოდება და სტრუქტურა

სახელწოდება	სიალონის ქიმიური ფორმულა	სიალონის სტრუქტურის ტიპი
α	$Me_x(SiAl)_{12}(ON)_{16}$ $x=0 \div 2$	α-Si ₃ N ₄
β	$Si_{6-x}Al_xN_{8-x}$ $x=0 \div 4,2$	β-Si ₃ N ₄
O ¹	$Si_{2-x}Al_xO_{1+x}N_{2-x}$ $x=0,04 \div 0,4$	Si ₂ ON ₂
X	$Si_{2-x}Al_{1-x}O_xN_{1-x}$ $x=0,04 \div 0,2$	3Al ₂ O ₃ • 2SiO ₂
H	SiAl ₃ O ₂ N ₃ SiAl ₅ O ₂ N ₅	AlN
R	SiAl ₄ O ₂ N ₄ SiAl ₆ O ₂ N ₆	AlN

2. ძირითადი ნაწილი

რეაქციული შეცხოების მეთოდით და ნიტროალუმინთერმული პროცესებით მიღებულია კომპოზიტი CH-6 აზოტის გარემოში 1450°C-ზე გამოწვეთ [22-26].

საწესი მასალების სახით გამოვიყენეთ: კაოლინი, ალუმინის პუდრი, სილიციუმი, სილიციუმის კარბიდი, ალუმინის ოქსიდი. კომპოზიტიში ნიმუშების მისაღებად და შეცხოების პროცესის გასაუმჯობესებლად დანამატების სახით გამოვიყენეთ მაგნიუმის ოქსიდი და იშვიათ მიწათა ელემენტის იტრიუმის ოქსიდი. MgO და Y₂O₃ დაემატა ფხვნილს 1 და 1,5 მას.%-ის

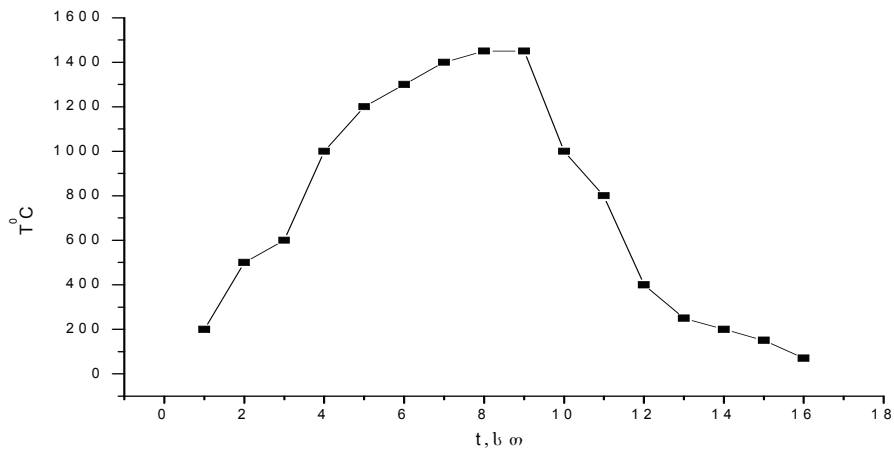
ოდენობით. ამ ოქსიდების ღლობის მაღალი ტემპერატურა უზრუნველყოფს ნარევი გახურების დროს მაღალი ტემპერატურის მქონე ევტექტიკური ნაღვლის წარმოქმნას, რაც ხელს შეუწყობს მასალის შეცხოების პროცესს, რომელსაც არსებითი მნიშვნელობა აქვს გადიდებული თერმომდეგობისა და სიმტკიცის მქონე ნაკეთობების მისაღებად. შეცხოების პროცესის გასაუმჯობესებლად ასევე დაემატა მინისებრი პერლიტი და ცეცხლგამძლე თიხა მცირე რაოდენობით. ნარევის შედგენილობა წარმოდგენილია მე-2 ცხრილში.

ნარევის შედგენილობა

საწყისი კომპონენტის შემცველობა, მას. %									
კომპოზიტის ინდექსი	კალინი პროსიანაია (უკრაინა)	Al	Al ₂ O ₃	SiC	Si	პერლიტი არაგაციის (სომხეთი)	Y ₂ O ₃	MgO	პოლოგის თიხა (უკრაინა)
CH-6	15	20	20	20	22	3	2	1	5

კალინის, ალუმინის პუდრის, სილიციუმის, სილიციუმის კარბიდის, კორუნდისა და ცეცხლგამძლე თიხის ბაზაზე მე-2 ცხრილში წარმოდგენილი მატერიალური შედგენილობის მიხედვით მოგამზადეთ ნარევი, დაგაყალიბეთ ნიმუშები – ცილინდრები, ზომით d-15მმ, h -15მმ, 20 მპა

წნევით ნახევრად მშრალი მეთოდით. 110°C-ზე გაშრობის შემდეგ ნიმუშები გამოიწვა 1450°C ტემპერატურაზე აზოტის გარემოში, ბოლო ტემპერატურაზე 1-საათიანი დაყოვნებით. გამოწვის ტემპერატურული რეჟიმი წარმოდგენილია მე-2 სურათზე.



სურ. 2. რეაქციული შეცხოვის მეთოდით მიღებული ნიმუშების გამოწვის ტემპერატურული რეჟიმი

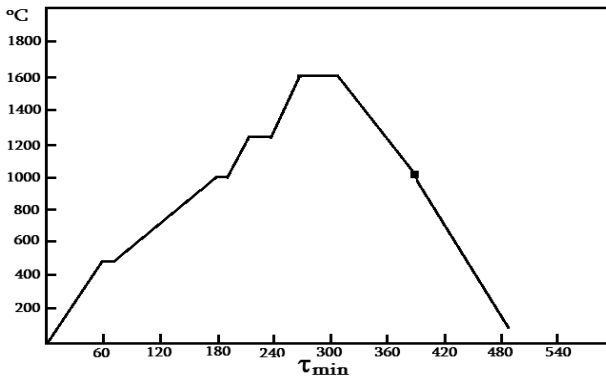
შევისწავლეთ მიღებული ნიმუშების თვისებები, რომელთა ფიზიკურ-ტექნიკური მახასიათებლები წარმოდგენილია მე-3 ცხრილში.

რეაქციული შეცხოვის მეთოდით მიღებული კომპოზიტის CH-6-ის თვისებები

კომპოზიტის ინდექსი	ღია ფორიანობა w, %	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას, მპა	სიმკვრივე, ρ, გ/სმ ³	ქიმიური მდებარეობა, %	
				წყალი	მჟავა
CH-6	15.2	256	2.25	99.82	99.20

1450°C-ზე გამოწვარი ნიმუშები დაფუქვით და მოგამზადეთ ცხელი დაწნეხისათვის. პრეკურსორი მომზადდა თერმოსტატში 150°C-ზე, ცივად დაიწნეხა 12–15 მპა-სა და 20–25 მპა-ზე. გამოიწვა 1600°C-ზე 30 მპა წნევით, გახურება მიმდინარეობდა ვაკუუმში, საბოლოო ტემპერატურაზე

10–12 წთ დაყოვნებით. გამოწვის რეჟიმი იყო: 20–500°C-მდე 7°C /წთ, 500–1400°C-მდე 150°C წთ, 1400–1600°C-მდე კი 10°C/წთ. გაცივება 10°C/წთ. გამოწვის ტემპერატურული რეჟიმი წარმოდგენილია მე-3 სურათზე.



სურ. 3. ცხლად დაწნეხილი ნიმუშების გამოწვის ტემპერატურული რეჟიმი

შევისწავლეთ 1600°C-ზე ცხლად დაწნეხილი ნიმუშების ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებები. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია მე-4 ცხრილში.

თუ შევადარებთ თვისებათა მახასიათებლებს (ცხრილი 3 და 4), შეიძლება შევნიშნოთ დაყალიბების მეთოდის გავლენა ფიზიკურ-ტექნიკურ მახასიათებლებზე. ცხლად დაწნეხილი ნიმუშების ღია ფორიანობა არის 0,7 % და სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას – 1619 მპა, ხოლო რეაქციული შეცხოების მეთოდით მიღებული ნიმუშის მაჩვენებლებია: სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას 256 მპა, ღია ფორიანობა – 15,2 %. როგორც მოსალოდნელი იყო ნახტომისებრად შეიცვალა სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას და ღია ფორიანობა. სისაღე არის HV:1140. ჩვენ მიერ ცხრილში წარმოდგენილი მონაცემებიდან შეგვიძლია ვთქვათ, რომ 1600°C საკმარისია ნიმუშების სრული გამკვერივებისათვის.

ცხრილი 4

ცხლად დაწნეხილი ნიმუშების ფიზიკურ-ტექნიკური მახასიათებლები

კომპოზიციის ინდექსი	ღია ფორიანობა w, %	საერთო ფორიანობა, Π, %	სიმკვერივე, ρ, გ/სმ ³	წნევა, მპა	სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას, მპა	სიმტკიცის ზღვარი ღუნვისას, მპა
CH-6 (1600 ⁰)	0,7	4,35	2,97	30	1619	420

მიღებული მასალის დინამიკური მიკროსისაღე და დრეკადობის მოღული განისაზღვრა თანამედროვე ISO-14577 საერთაშორისო სტანდარტის მოთხოვნების შესაბამის დინამიკურ ულტრამიკროსისაღის ტესტერზე DUH-211S, რომელიც მყარი სხეულების ზედაპირების მექანიკური მახასიათებლების (მიკროსისაღე, დრეკადობის მოღული) დასადგენად გამოიყენება.

CH-6 1600°C-ზე ცხლად დაწნეხილ ნიმუშზე ჩატარებული ტესტის შედეგად ანაბეჭდი აღებულია მატრიცაში, ანაბეჭდის აღება მოხდა რამდენიმეჯერ, სადაც საშუალო სიმაგრე არის HV: 1140.

დინამიკური მიკროსისაღე (DH) განისაზღვრება ტესტირების პროცესში ინდენტორზე მოღებული დატვირთვის სიდიდისა და მასალაში შეღწევის სიღრმით. მისი მნიშვნელობა გამოითვლება ფორმულით: $DH = a \times F/h^2$; a მუდმივი სიდიდეა და დამოკიდებულია ინდენტორის ფორმაზე, ვიკერსის ინდენტორისთვის ტოლია: $a=3,8584$.

მეთოდის უპირატესობა ჩვეულებრივ სტატიკური ანუ ანაბეჭდის წრფივი ზომების (დიაგონალი) გაზომვებთან შედარებით, მდგომარეობს იმაში, რომ ის შეიცავს როგორც პლასტიკურ, ისე დრეკად მდგენელებს. გაზომვების შედეგები არ არის დამოკიდებული ანაბეჭდის ზომებზე,

დატვირთვებსა და დრეკადი აღდგენის არაერთგვაროვნებაზე.

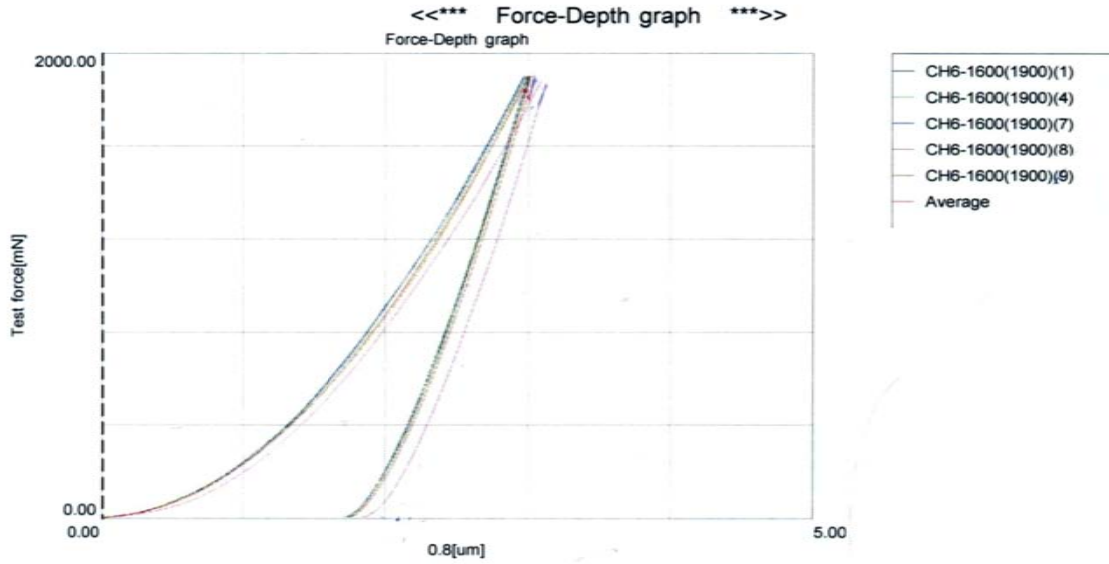
დინამიკური სისაღე განისაზღვრა დატვირთვა-განტვირთვის რეჟიმში, თითოეულ კონკრეტულ დატვირთვაზე შეიდი ანათვალის აღებით, ორი უკიდურესი მნიშვნელობის უგულვებლყოფით და დარჩენილი ხუთი სიდიდის გასაშუალებით. მიკროსისაღის შესაბამისი მნიშვნელობა განისაზღვრებოდა ავტომატურად. დაყონების დრო დატვირთვის მაქსიმუმზე შეადგენდა 5 წმ-ს, განტვირთვის ბოლოს – 3 წმ-ს (სურ. 4, ა, ბ).

ინდენტირება მოხდა CH-6 1600°C-ზე, ცხლად დაწნეხილი ნიმუშის მატრიცაში, რომელიც შედგება β-სიალონისაგან. გამოცდის შედეგად მისი საშუალო დინამიკური სისაღე შეადგენს $DHV=10290$ მპა-ს, რაც საკმაოდ მაღალი მაჩვენებელია [27-29].

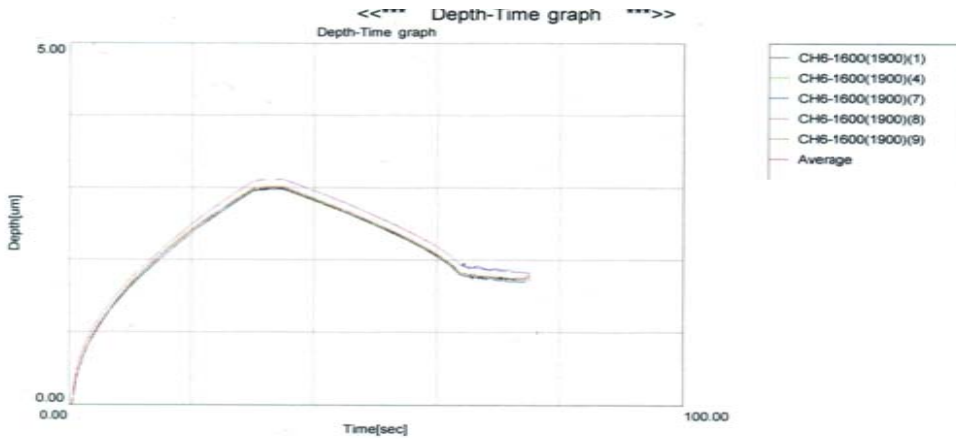
დატვირთვა-განტვირთვის დამოკიდებულების გრაფიკიდან (სურ. 4) განისაზღვრება დრეკადობის მოღულის სიდიდე $S=(dF/dh)h-h_{max}$ სიხისტის დადგენით. ის არის დატვირთვა-განტვირთვის გრაფიკის მხები განტვირთვის საწყის წერტილში. ხელსაწყო განსაზღვრავს საკვლევი მასალის დრეკადობის მოღულს, რომლის სიდიდე ჩვენი ნიმუშის შემთხვევაში ტოლია: $E=199$ გპა.

მე-5 სურათზე ნაჩვენებია SiAlON მატრიცაში აღებული ანაბეჭდი, საიდანაც ჩანს, რომ ანაბეჭდის ფორმა მკვეთრია, გამოკვეთილი წიბოებით. წიბოების გასწვრივ შეინიშნება თანაბარი

ზომის ბზარები, რაც მეტყველებს მატრიცის ერთგვაროვნებასა და მაღალ ფარდობით სიმკვრივეზე.

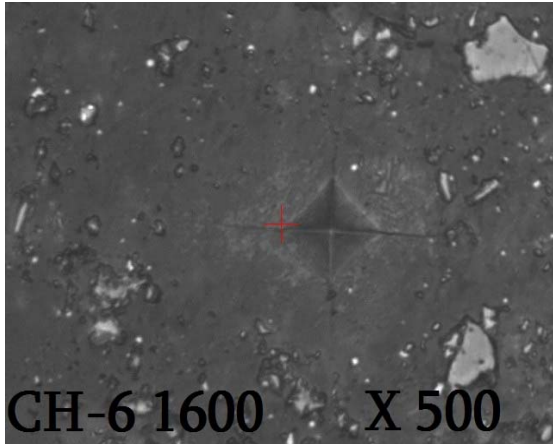


ა)



ბ)

სურ. 4. დატვირთვა-განტვირთვის მრუდები:
ა) ინდენტორზე დატვირთვის ძალის,
ბ) ინდენტორის მასალაში შეღწევის სიღრმის

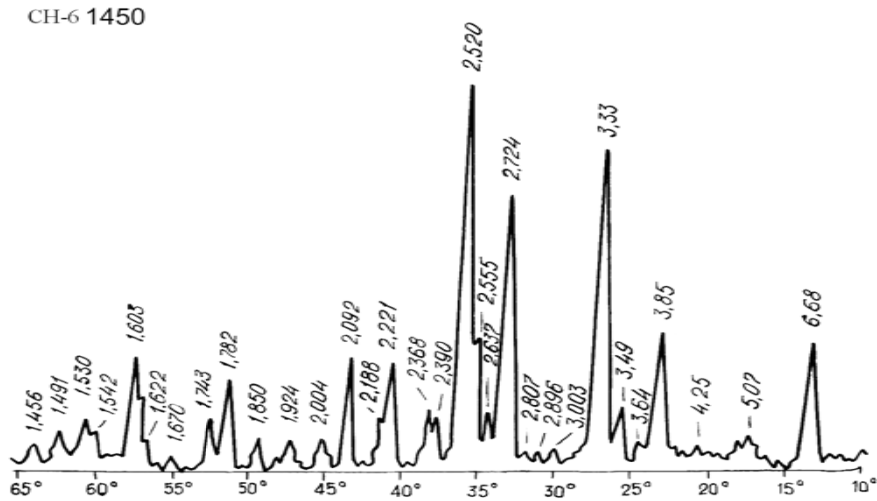


სურ. 5. SiAlON მატრიცაში აგებული ანაბეჭდი, დატვირთვა 200 გ

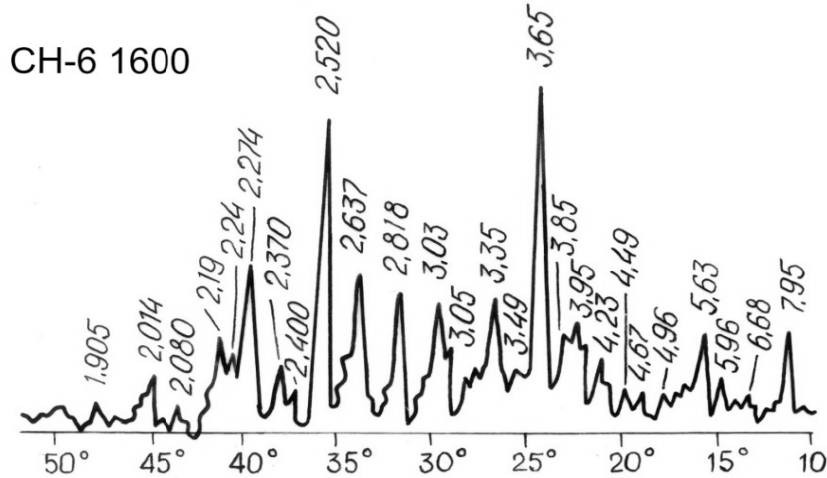
რეაქციული შეცხოვის მეთოდით და ცხლად დაწნეხით 1600°C-ზე მიღებული კომპოზიტის CH-6 ფაზური შედგენილობის შესასწავლად კვლევა ჩატარდა რენტგენოსტრუქტურული და ელექტრონული მიკროსკოპიის მეთოდებით.

რენტგენოსტრუქტურული ანალიზი ჩატარდა რენტგენის აპარატზე DRON-3. რენტგენოგრამა გადაღებულია 22,5–65° კუთხის ინტერვალში, სინქარით 2⁰ წუთში. ორივე რენტგენოგრამა წარმოდგენილია მე-6–7 სურათებზე.

კომპოზიტის რენტგენოგრამაზე გამოკვეთილია სიალონის დამახასიათებელი დიფრაქციული მაქსიმუმები D_{hkl} : 7,95; 5,63; 3,85; 3,65; 2,520; 2,19; სილიციუმის კარბიდი – D_{hkl} : 2,63; 2,370; 2,19; 2,014; კორუნდი – D_{hkl} : 3,49; 2,52; 2,36; 2,090.



სურ. 6. CH-6 კომპოზიტის X-ray (1450°)



სურ. 7. CH-6 კომპოზიტის X-ray (1600°)

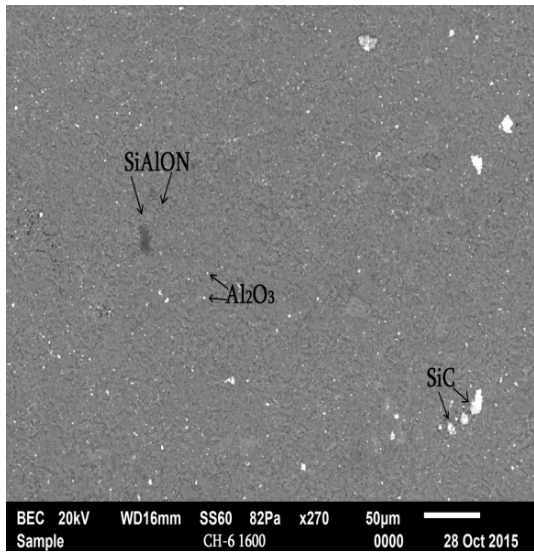
როგორც ორივე რენტგენოგრაფიდან ჩანს, CH-6 კომპოზიტი ძირითადად შედგება β სიალონისაგან, რომელსაც აქვს ჰექსაგონური სტრუქტურა, ასევე შეიცავს სილიციუმის კარბიდს და კორუნდს, რომლებიც თავიდან შეიყვანება კომპოზიტში. ორივე შემთხვევაში კომპოზიტის მატრიცა β სიალონია და განმტკიცებულია კორუნდისა და სილიციუმის კარბიდის კრისტალებით.

ელექტრონულ-მიკროსკოპული კვლევა ჩატარდა JEOL ფირმის ელექტრონულ-რასტრული (მასკანირებელი) მიკროსკოპის საშუალებით. მეთოდი

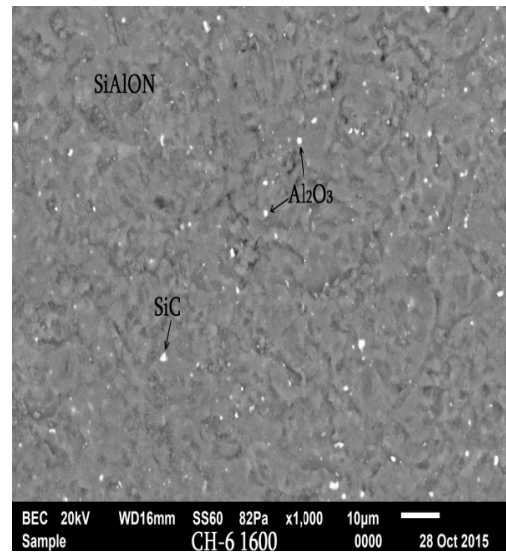
ეფუძნება არეკლილი ელექტრონების და მეორეული ამოტვორცნილი ელექტრონების ასახვას.

არეკლილი ელექტრონების საშუალებით კომპოზიტის ფაზური ანალიზის დროს ნიმუში გავტეხეთ ზედაპირის პარალელურად. აუცილებელია ტეხი იყოს ახალი მიღებული, შედგეი წარმოდგენილია მე-8 სურათზე: ა) x270, ბ) x1000, გ) x2200, დ) x2700 გადიდებისას.

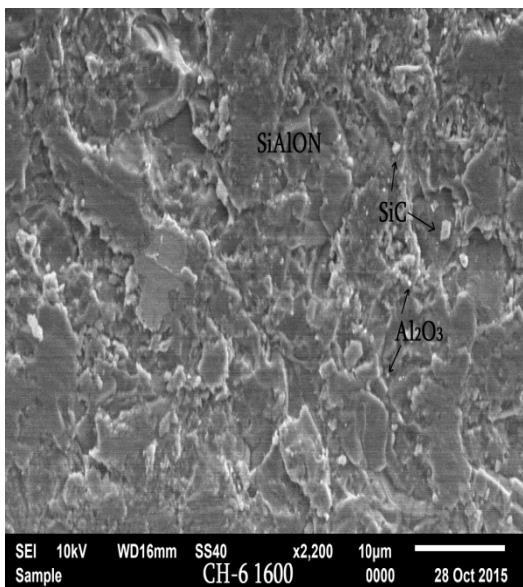
მე-8 სურათზე ჩანს β სიალონისაგან შემდგარი მატრიცა, რაც ადასტურებს რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის მონაცემებს.



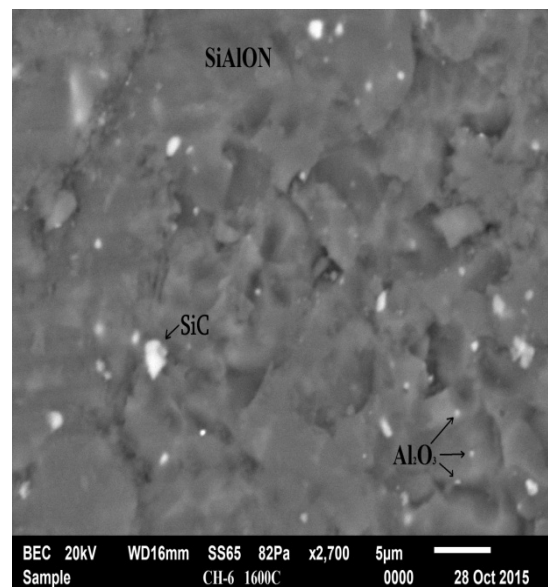
ა) x 270



ბ) x 1000



გ) x2200



დ) x2700

სურ. 8. CH-6 კომპოზიტის ელექტრონულ-მიკროსკოპული სურათები სხვადასხვა გადიდებისას: ა) x270; ბ) x1000; გ) x2200; დ) x2700

CH-6 კომპოზიტის ელექტრონული მიკროსკოპის სურათებზე ნახვენებია კარგად შემცხვარი ნიმუშის ზედაპირი, რომელზეც გამოკვეთილია კრისტალები იმ ძირითადი ფაზებისა, რომლებსაც შეიცავს 1600°C-ზე ცხლად დაწნეხილი კომპოზიტი, კონკრეტულად მატრიცის სახით სიალონს, SiC-სა და კორუნდს.

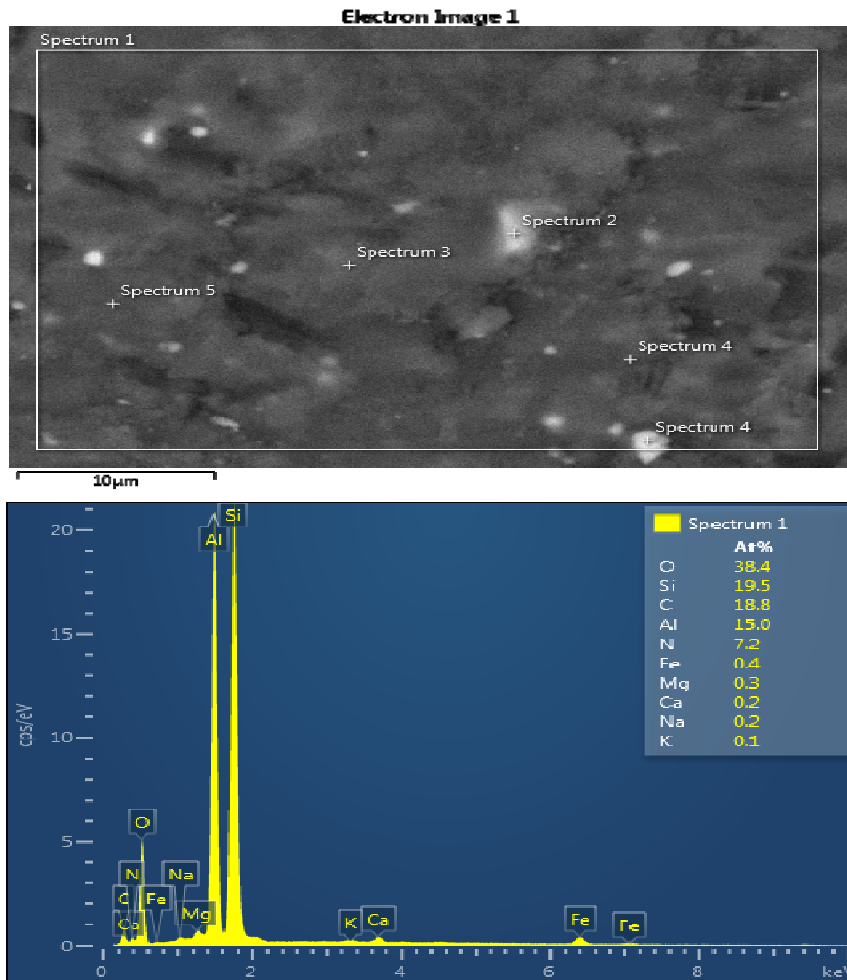
არც ერთ ნიმუშში არ არის ფორები. ამ ნიმუშების რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის მონაცემები თანხვედრაშია ელექტრონული მიკროსკოპის სურათებთან. აქ ნათელია, რომ ცხელი დაწნეხისას მინერალოგიური შედგენილობა არ შეიცვალა, რეაქციული შეცხოებით მიღებულ ნიმუშებთან შედარებით, რაც უფრო მკაფიოდ ჩანს დიდი გადიდების შემთხვევაში.

იგივე ნიმუშის მიკრორენტგენოსპექტრული ანალიზი ჩატარდა OXFORD INSTRUMENTALS დეტექტორზე X-max, რისი საშუალებითაც მივი-

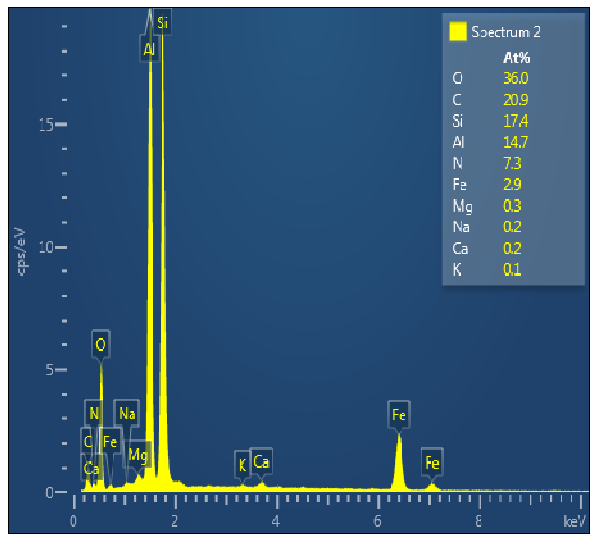
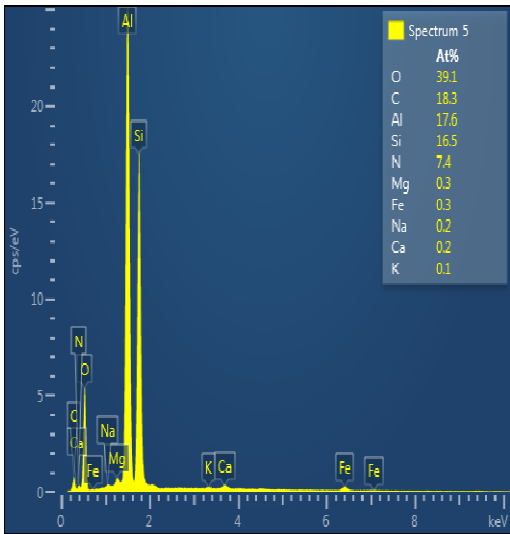
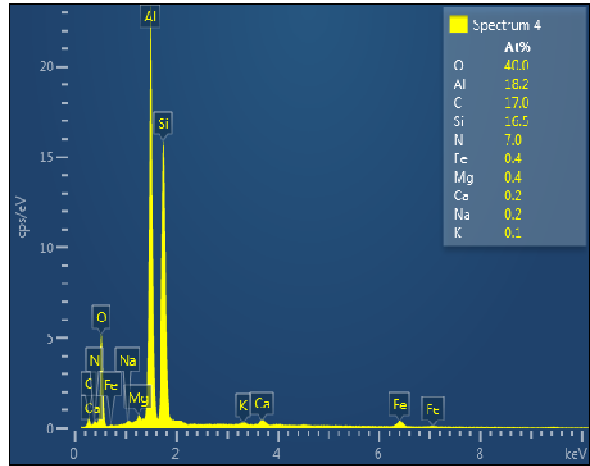
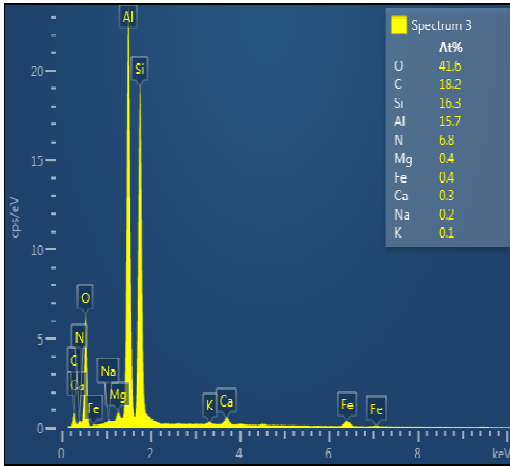
ღეთ კომპოზიტის შემცველ ელემენტთა ზოგადი შედგენილობა. ანალიზის შედეგები მოცემულია მე-9 სურათზე.

მე-9 სურათზე წარმოდგენილია ცხელი დაწნეხით მიღებული CH-6 კომპოზიტის მიკრორენტგენოსპექტრული ანალიზი spectrum1 მონაკვეთზე და შემადგენელ ელემენტთა სქემა, მათი პროცენტული შემცველობა, საიდანაც ჩანს, რომ კომპოზიტის ძირითადი შემადგენელი სიალონია.

მე-9 სურათზე სიალონის შემცველი ელემენტების: სილიციუმის, ალუმინის, ჟანგბადისა და აზოტის პროცენტული შემცველობაა მოცემული. ასევე დაფიქსირებულია ელემენტი ნახშირბადი, რომელიც SiC-ს შემცველობაზე მიანიშნებს. ჟანგბადის გაზრდილი რაოდენობა და ალუმინის შემცველობა ასახავს როგორც სიალონის, ასევე კორუნდის არსებობას კომპოზიტში.



სურ. 9. CH-6 კომპოზიტის მიკრორენტგენოსპექტრული ანალიზი მონაკვეთზე spectrum 1



სურ. 10. CH-6 კომპოზიტის მიკრორენტგენოსპექტრული ანალიზი

წარმოდგენილია ელემენტთა შემცველობისას ამსახველი სქემები შედარებით მოკლე უბნებზე spectrum 2, 3, 4, 5. სურათზე წარმოდგენილი წერტილების მიკრორენტგენოსტრუქტურული ანალიზი თვალსაჩინო სურათს იძლევა სწორედ ამ წერტილებში არსებული ფაზის შემადგენელი ელემენტების შემცველობის შესახებ, საიდანაც ჩანს სიალონის, სილიციუმის კარბიდისა და კორუნდის შემადგენელი ელემენტების ძირითადი ფაზების პროცენტული შემცველობა. ყველა უბანზე პროცენტული თანაფარდობა თითქმის ერთნაირია, რაც მიანიშნებს CH-6 მიღებული კომპოზიტის ერთგვაროვან სტრუქტურაზე და ნათელს ხდის ელექტრონული მიკროსკოპული კვლევის შედეგებს.

3. დასკვნა

მიღებულია CH-6 კომპოზიტი ალუმინსილიკატური ნედლეულის ბაზაზე, რეაქციული შეცხოების მეთოდით.

შესწავლილია კომპოზიტის ფიზიკურ-ტექნიკური თვისებები და ფაზური შედგენილობა. ძი-

რითადი ფაზებია: β სიალონი, რომელიც არის კომპოზიტის მატრიცა, სილიციუმის კარბიდი და კორუნდი.

დადგენილია, რომ სიალონის (SiAlON) მიღება ხდება ნიტროალუმინთერმული პროცესებით.

რეაქციული შეცხოების მეთოდით მიღებული CH-6 კომპოზიტის შემდგომი დამუშავებით და ცხელი დაწნევის მეთოდით ნიმუშების დაყალიბებით ხდება კომპოზიტის ფიზიკურ-მექანიკური მახვენებლების ნახტომისებრი ზრდა.

ცხელი დაწნეხით ვაკუუმში 1600°C-ზე 30 მპა წნევით და ბოლო ტემპერატურაზე 10–12 წთ დაყოვნებით მიღებულია მაღალი სისაღის, სიმკვრივისა და სიმტკიცის CH-6 კომპოზიტი. მინერალოგიური შედგენილობა არ შეიცვალა. მასალები თვისებების მიხედვით გამოიყენება მაღალტემპერატურული ნაკეთობების დასამზადებლად. ესენია: თერმოწყვილების დამცავი გარსაცმები, ღუმლების ამონაგები, მჭრელი ინსტრუმენტების სახით ლითონისა და ქვის დამუშავება და სხვა.

ლიტერატურა

1. Zheng, G.M., Zhao, J., Gao, Z.J. and Cao, Q.Y. Cutting Performance and Wear Mechanisms at Sialon-Si₃N₄ Graded Nano-Composite Ceramic Cutting Tools. *The International Journal of advanced Manufacturing Technology*, (2012) #58, p.19-28.
2. Белый Я.И., Комда В.В., Сивистун В.М., Положай С.Г. К вопросу получения композиционных материалов на основе нитрида кремния // Моск.межд. конф. по композитам. Тезисы докладов. М., ноябрь 1990, ч. 2, с. 174.
3. Чухolina Л.Н. Способ получения порошка сialона. <http://bd.patent.su/2378000>, 2012.11.18.
4. Боярина И.Л. Пучков А.Б. и др. Сialоны-новый огнеупорный материал // Огнеупоры, 1981, N 12, с.24.
5. Jack K.H., Review: Sialons and Related Nitrogen Ceramics// *J.Mater. Sci.*-1976.- #11.- p. 1135-1158.
6. Ekstrom T., Persson J. Hot Hardness Behavior of Yttrium Sialon Ceramics// *J. Am. Ceram. Soc.*- 1990.- v.73., # 10.- p. 2834-2838.
7. High Temperature Properties of Mixed α/β -Sialon Materials /H. Klemm, M.Herman, T. Reich et al.// *J.Am. Ceram. Soc.*- 1998. – V. 81. - # 5. – p. 1141-1148.
8. Washburn M.E., Love R.W. A Silicon Carbide Refractory with a Complex Nitride Bond Containing Silicon Oxynitride// *Am. Ceram. Soc. Bull.* – V.41. – 1962.- #7. – p. 447-449.
9. Riley F. L. Silicon Nitride and related Materials// *J.Am. Ceram. Soc.*-2000.-v.83- #2. – p. 10-30.
10. Суворов С. А., Долгушев Н. В., Заболотский А. В. Термодинамические параметры β - сialонов// Неорганические материалы. – т. 38. 2002. – # 3.- с. 290-292.
11. Rosenflanz A., I-Wei-Chen. Phase Relationships and Stability of sialon // *J.Am. ceram. Soc.* – 1999. – V. 82 - #4 – p. 25-28.
12. Ekstrom T., Kall P.O., Nygren M., Olsson P.O. - Dense Single-Phase Beta-Sialon Ceramics by Glass-Encapsulated Hot Isostatic Pressing. –*J. of mat. Sci.*- 1989. V.24. p. 1853-1862.
13. Z.Kovziridze, N.Nijharadze, G.Tabatadze, T.Cheishvili, Z.mestvirishvili, E.NikoeleiShvili, M.Mshvildadze, N. darakhvelidze. Obtaining of Nanocomposites in SiC-SiAlON and Al₂O₃-SiAlON System by Alumothermal Processes.//*Journal of Electronics Cooling and Thermal Control*, 2014, 4, 105-115. <http://dx.doi.org/10.4236/jectc.2014.44012>.
14. Баринов С.М., Шевченко В.Я.Техническая керамика. М.Ж Наука, 1993, с. 187.
15. Горшков В.С., Савельев В.Г., Абакумов А. В. Вяжущие, керамика и стеклокристаллические материалы: структура и свойства. Справочное пособие. М.: Стройиздат, 1994. – 584 с.
16. Kishi K., Umebayashi S., Tani E. Influence of Microstructure of Strength and Fracture Toughness of beta – sialon. *J. of Mat. Sci*, V. 25, 1990, p. 2780 – 2784.
17. Piekarczyk J., Lis J., Bialoskorski J. Elastic Properties, Hardness and Indentation Fracture Toughness of beta – Sialons. *Key Engineering Materials*, v. 89 – 91, 1990, p.541 – 546.
18. Formation of an α – SiAlON Layer on β – SiAlON and its effect on Mechanical properties., *J.Am. Ceram. Soc.*, 1998, v.81, N 7, p. 1907 – 1912.
19. Ekstrom T., Nygren M. SiAlON ceramics. *J. Am. Ceram.Soc.* v.75, #2, p.259-276,1992.
20. Zhen-Kun H. Formation of N-phase and phase relations in MgO-Si₂N₂O-Al₂O₃ system. *J. Am. Ceram. Soc.*, v.77, p. 3251, 1994.
21. Pat. 4113503 USA, CO4B 035/58. Method of forming a ceramic product, Lumby R.J. (GB), 31.05.77, pub. 12.09.78.
22. Z. Kovziridze, N. Nijharadze, G. Tabatadze, Z. Mestvirishvili. გეოპოლიმერის ბაზაზე აბოტის გარემოში მიმდინარე კარბო და ალუმინოერმული პროცესები. *Journal of The Georgian Ceramist's Association* 1 (31). 2014.
23. I.Zalite, N.Zilinska, G.Kladler. Some Sialons are prepared from nanopowders by hot pressing. *Journal of Funtional Materials and Nanotechnologies* 2007J. phys.: Conf.Ser.93 012008.
24. Z. Kovziridze, N. Nijaradze, G. Tabatadze, N. Darakhvelidze, Z. Mestvirishvili, Application of Alum-Thermal and Nitrogen methods for obtaining Nanocomposites in the systems of SiC-SiAlON and Al₂O₃-SiAlON- Innovative Technologies in Metallurgy and Materials science, Georgian Technical University, International conference 16-18July, 2015, Tbilisi, Georgia.
25. Z. Kovziridze, N. Nijaradze, G. Tabatadze, N. Darakhvelidze, Z. Mestvirishvili. Smart Materials in the SiAlON-SiC-Al₂O₃ System- *Journal of Material Science and Engineering*, International Conference and Expo on Ceramics. August 17-18, 2015 Chicago, USA.
26. ნ. ნიუარაძე, გ. ტაბატაძე, თ. ჭეიშვილი, ნ. დარახველიძე, ზ. მესტვირიშვილი, მ. მშვილდაძე, ე. ნიკოლეიშვილი. ნიტროალუმინოერმული პროცესებით სიალონების მიღება // *კერამიკა*, №2(32), 2014, გვ. 23-31.
27. BS EN ISO14577-1:2002; Metallic materials- Instrumented Indentation Test for Hardness and Materials Parameters.
28. <http://www.shimadzu.eu/duh-211duh-211s>. 20.04.2015
29. Osman Sahin, OrhanUzun, MalgorzataSopicka-Lizer, HasanGocmez, UgurKolemen. Dynamic hardness and elastic modulus calculation of porous SiAlONceramics using depth-sensing indentation technique.*Journal of the European Ceramic Society* 28 (2008) 1235–1242.

UDC 666. 762.93

PREPARATION OF COMPOSITES BY NITRO ALUMINOTHERMIC PROCESSES BY REACTIVE SINTERING AND HOT PRESSING

Z. Kovziridze, N. Nizharadze, N. Darakhvelidze, G. Tabatadze, Z. Mestvirishvili

Resume: Goal: The goal of the research is preparation of SIALON-containing composite through nitro aluminothermal processes, by the methods of reactive sintering and hot compaction.

Method: The composite CH-6 was obtained by the method of reactive sintering, with further grinding and hot compression in vacuum furnace at 1600⁰C , under 30 mPa pressure and standing at the final temperature for 10-12 minutes. Precursor was prepared in a thermostat at 150⁰C temperature by double compression. Pressure equaled to 20-25 mPa.

Results: Physical-technical properties of samples prepared via hot compaction were investigated. Limit of hardness at compression - 1640 mPa, limit of hardness at bending – 490 mPa, flexibility module 199,5 gPa HV -11,40 gPa. X-Ray diffraction analysis, electron microscopic and micro X-ray diffraction analysis were used to investigate composite microstructure and phase composition. Composite formulation was defined, the main phases of which are: β –SIALON, corundum and silicium carbide.

Conclusion: Composite CH-6 has been selected from the obtained composites, which is characterized by relatively high physical-technical properties: strength, density and hardness.

Key words: high refractory composite; reactive sintering; nitro aluminothermal processes; SIALON; corundum; silicium nitride; silicium carbide.

УДК 666. 762.93

ПОЛУЧЕНИЕ СИАЛОНСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИТОВ НИТРОАЛЮМОТЕРМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ, МЕТОДАМИ РЕАКЦИОННОГО СПЕКАНИЯ И ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ

Ковзиридзе З.Д., Нижарадзе Н.С., Дарахвелидзе Н.И., Табатадзе Г.С., Мествиришвили З.Д.

Резюме: Цель работы: получение сиалонсодержащих композитов нитроалюмотермическими процессами, методами реакционного спекания и горячего прессования.

Метод: методами реакционного спекания и последующим горячим прессованием получен композит СН – 6 при температуре 1600⁰С и под давлением 30 МПа в вакуумной печи. Подготовка прекурсора производилась в термостате при 150⁰ С, под давлением холодного прессования 120 – 150 кг/ см² и 200 – 250 кг/ см².

Результаты: проведены исследования физико-технических свойств образцов, полученных реакционным спеканием и горячим прессованием. Механические показатели образцов, полученных горячим прессованием: предел прочности при сжатии 1640 МПа, предел прочности при изгибе 490 МПа, модуль упругости 199,5 ГПа.

Рентгеноструктурным, электронно – микроскопическим, микрорентгеноспектральными анализами изучены микроструктура и фазовый состав полученного композита.

Выводы: композит СН – 6 характеризуется высокими физико-техническими свойствами: высокой твердостью, плотностью и прочностью, что позволяет получать высокотемпературные изделия, такие как защитные чехлы термодары, применять при печной футеровке, в машиностроении - для изготовления шариковых подшипников, в качестве инструмента для металло-камнеобработки и т.д.

Ключевые слова: высокоогнеупорный композит; реакционное спекание; нитроалюмотермические процессы; сиалон; корунд; нитрид силиция; карбид силиция.

მეტალოკერამიკული კომპოზიტი ლითონების ზრით დასამუშავებლად

ზ. კოვირიძე, ნ. ნიჟარაძე, ა. მიქანაძე, გ. ტაბატაძე

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: kowsiri@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანი: ტიტანის კარბონიტრიდისა და მაღალი ღლობის ტემპერატურის მქონე შემკავშირებელი ლითონური ფაზის შერწყმით მიღებული მცირეფორამიანი მჭრელი კომპოზიტი. **მეთოდი:** კომპოზიტი მიღებულია დაწნეხით და შემდგომი შეცხოვით ვაკუუმ-ღუმელში 1600°C-ზე, 10³პა წნევისას. ფაზური ანალიზი შესწავლილია რენტგენის აპარატზე DRON-3, მიკროსტრუქტურა – ელექტრონულ მიკროსკოპზე NANOLAB-7, მიკროსისალე MUCKE მარკის მიკროსისალის საზომზე, საჭრისების შედარებითი მედეგობა შეფასებულია ჭრის ერთნაირი რეჟიმების დროს გავლილი მანძილით, ცდები ჩატარებულია სახარატო ჩარხზე. **შედეგები:** მიღებული კომპოზიტის ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლებია: $\sigma_{\text{ლ}}=1000-1150$ მპა, $\sigma_{\text{ლ}1000}^0\text{C}=600$ მპა, HV=14გპა; HV₁₀₀₀⁰C=6,5 გპა. ჭრის მაღალი სიჩქარისა და მაღალი ტემპერატურის პირობებში, საკვლევი კომპოზიტით დამზადებული საჭრისების მედეგობა 1,5–2-ჯერ აღემატება BK8 და KNT20 სალი შენადნობების საჭრისების მედეგობას. **დასკვნა:** რეკომენდებულია მისი გამოყენება გახურებული ფოლადების ჭრით დამუშავებისას ე.წ. ცხელი ნაწიბურების მოხსნისთვის, აგრეთვე ფოლადების ჭრით დამუშავებისას სუფთა და ნახევრად სუფთა ოპერაციებზე.

საკვანძო სიტყვები: მეტალოკერამიკული; კომპოზიტი; მჭრელი მასალა; მაღალტემპერატურული; მსურვალმტკიცე; მიკროსისალე.

1. შესავალი

საინსტრუმენტო მასალების ძირითადი მოცულობა დღემდე ვოლფრამის ბაზაზე იწარმოება, რომლის მარაგი თანდათან იწურება. ამასთან დაკავშირებით მეცნიერების წინაშე დგას პრობლემა, შექმნან ახალი კომპოზიციური მასალები ვოლფრამის გარეშე ან შეამცირონ მისი შემცველობა მინიმუმამდე და შეინარჩუნონ ის ფიზიკურ-მექანიკური და საექსპლუატაციო თვისებები, რაც ვოლფრამის ბაზაზე მიღებულ კომპოზიტებს აქვს [1-6]. ამ პრობლემის გადასაჭრელად როგორც მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში, ასევე საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტშიც ხორციელდება კვლევები, რომელსაც საფუძველი აკადემიკოსმა თ. ლოლაძემ ჩაუყარა [7-16]. მას დიდი საკმაო წვლილი მიუძღვის ლითონების ჭრით დამუშავების თეორიის განვითარებაში [7-11].

2. ძირითადი ნაწილი

როგორც ცნობილია, მჭრელი ინსტრუმენტი ძირითადად ექვემდებარება ბუნებით ორ განსხვავებულ დაშლის ტიპს: მყიფე და პლასტიკური [7,17,18-24]. ჭრის ნორმალურ პირობებში საჭიროა, რომ ინსტრუმენტი არც ერთ ამ დაშლას არ დაექვემდებაროს და ფლობდეს საკმაო პლასტიკურ და მყიფე სიმტკიცეს.

მყიფე მსხვრევა ხდება, როცა მთავარი გამჭიმავი ძალები ინსტრუმენტის მჭრელი ნაწილის ე.წ. „საშიშ ზონაში“ აღწევს ზღვრულ სიდიდეს, მასალის სიმტკიცის ზღვარს. პლასტიკური დეფორმაცია ხდება, როცა ძვრადი დაძაბულობა სხეულის გარკვეულ მოცულობაში ჭარბობს დენადობის ზღვარს და იწყება დენადობა. ჭრის პროცესში მჭრელი წიბო განიცდის არათანაბარ და ყოველმხრივ შეკუმშვას, ინტენსიურ გახურებას და გარბილებას, რაც მის პლასტიკურობას ამადლებს. დადგენილია, რომ მჭრელ ინსტრუმენტს შეუძლია ჭრით დაამუშაოს მასალა თუ მისი სისალე 1,4-ჯერ აღემატება დასამუშავებელი მასალის სისალეს [7]. სისალის შეფარდება შენარჩუნებული უნდა იყოს ჭრის ნებისმიერ პირობებში ანუ საინსტრუმენტო მასალის გახურების შემთხვევაშიც.

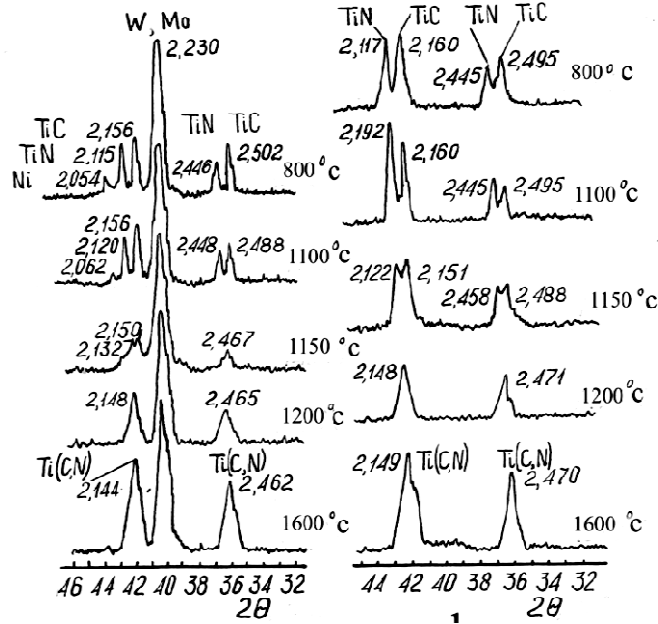
სტანდარტული სალი შენადნობების პლასტიკური დაშლის ერთ-ერთი უმთავრესი მიზეზია საკონტაქტო ფენების გახურება და მათი გარბილება ჭრის პროცესში, ამიტომ დიდი მნიშვნელობა აქვს საინსტრუმენტო მასალის სისალის ტემპერატურულ დამოკიდებულებას.

მჭრელი ლითონ-კერამიკული კომპოზიტები შედგება ლითონური ფაზით შეკავშირებული კარბიდების, ნიტრიდების, ბორიდების ან მათი მყარი ხსნარებისგან. ამ კომპოზიტების ე.წ. კერამიკული ფაზა ნაკლებად ექვემდებარება პლასტიკურ დეფორმაციას. მჭრელი ინსტრუმენტის პლასტიკური დეფორმაციის მიზეზად გვევლინება შემაკავშირებელი ლითონური ფაზა, ამიტომ პლასტიკური სიმტკიცის აწევის მიზნით შეიძლებოდა შეგვემცირებინა ლითონური ფაზის შემცველობა, მისი შემცირება კი გამოიწვევს მყიფე სიმტკიცის ზღვრის შემცირებას. აკადემიკოსმა ლოლაძემ თავის დროზე გამოთქვა მოსაზრება [9], რომ მჭრელი ინსტრუმენტის გაუმჯობესების ერთ-ერთი გზა ლითონური შემკერვლის პლასტიკური სიმტკიცის ამადლებაა. ამ მიზნით ჩატარებული კვლევების შედეგად მიღებულ იქნა რამდენიმე კომპოზიტი. განვიხილავთ ერთ-ერთს, T მცირეფორამიან კომპოზიტს,

რომლის შედგელობაში შედიოდა მას. %: TiC -30-42; TiN - 30-42; Ni- 6-10; Mo-10-12; W-10-12.

კომპოზიტის შეცხოვა ხდებოდა ვაკუუმ-ღუმელში 1600°C-ზე, 10⁻³პა პირობებში. შეცხოვის

პროცესში ტიტანის კარბიდისა და ტიტანის ნიტრიდის ურთიერთქმედებით წარმოიქმნა ტიტანის კარბონიტრიდი, რაც რენტგენოსტრუქტურულმა ანალიზმა დაადასტურა (სურ. 1).

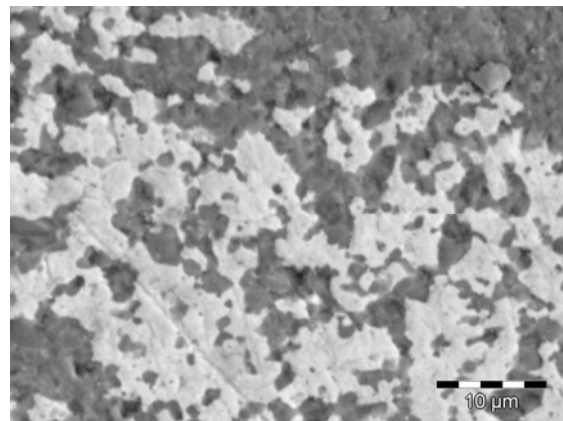
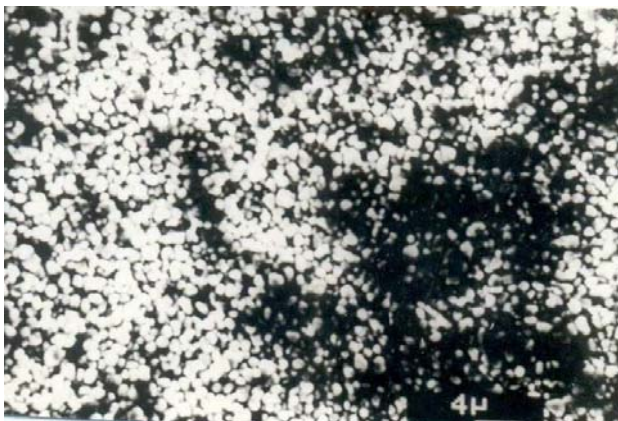


სურ. 1. მცირეგოლფრამიანი კომპოზიტის შეცხოვისას მიმდინარე პროცესის რენტგენოსტრუქტურული ანალიზი: ა) ლითონური Ni-Mo-W-ის ფაზის თანაობისას და ბ) ლითონური ფაზის გარეშე

საკვლევი კომპოზიტის მიკროსტრუქტურა უმთავრესად ერთგვაროვანია (სურ. 2, ა, ბ), შერჩეული მეტალური ფაზა საკმაოდ მტკიცედ აკავშირებს კარბონიტრიდის მარცვლებს, რაზედაც მიუთითებს სიმტკიცის ზღვარი ღუნვისას $\sigma_{\text{ღ}}=1100-1150$ მპა (ცხრილი 1), მაშინ, როცა იგივე ტემპერატურაზე შემცხვარი ტიტანის კარბონიტრიდის სიმტკიცის ზღვარი ღუნვისას $\sigma_{\text{ღ}}=500$ მპა, ტიტანის კარბონიტრიდის მარცვლების ზომები 1-2 მკმ ზომისაა (სურ. 2). შეც-

ხოვის ტემპერატურის მნიშვნელოვანი ზემოქმედება კარბონიტრიდის მარცვლების სიდიდეზე არ დაფიქსირებულა, რაც შეიძლება აიხსნას კარბონიტრიდის ნაკლები ხსნადობით Ni-Mo-W-ის მეტალურ ფაზაში.

რადგან სისხლის სიდიდეს დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ჭრის პროცესისთვის, ის გაიზომა როგორც ოთახის, ასევე მაღალ ტემპერატურებზე.



სურ. 2. Ti კომპოზიტის მიკროსტრუქტურა

ოთახის ტემპერატურაზე სისაღე გაიზომა როგორც როკველის მეთოდით, ასევე ვიკერსით სხვადასხვა დატვირთვის პირობებში. შედეგების მიზნით პარალელურად გაზომილ იქნა სტანდარტული შენადნობების – BK8 (WC92-Co8%) და KNT20 (TiCN80-(Ni,Mo)20%) მახასიათებლებიც.

მიკროსისაღე გაიზომა კლასტალის (გერმანია) ტექნიკური უნივერსიტეტის კერამიკის კათედრაზე.

ოთახის ტემპერატურაზე მიკროსისაღის გაზომვის შედეგები წარმოდგენილია 1-ელ ცხრილში და სურათებზე (3, 4, 5).

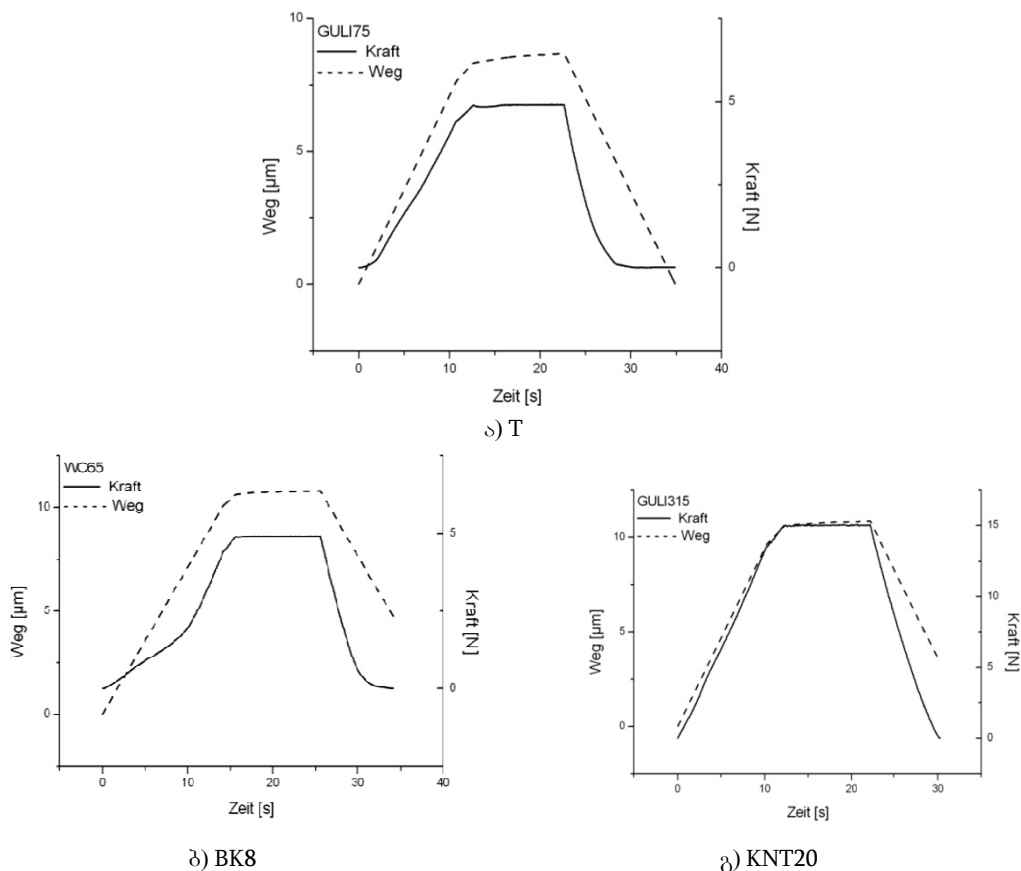
ცხრილი 1

საკვლევი და სტანდარტული კომპოზიტების მექანიკური თვისებები
ოთახის ტემპერატურაზე

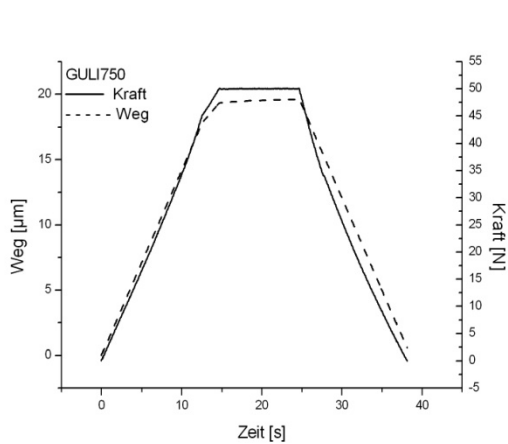
კომპოზიტის დასახელება	სიმტვიცე ღუნვისას, °Cმზა	HRA	HV,გზა 5N დატვირთვისას	HV,გზა 15N დატვირთვისას	HV,გზა 50N დატვირთვისას
T	900-1150	88-89	9-10	8-9	7-8
BK8	1400-1500	89-90	10-11	11-12	11-12
KNT20	1300-1400	89-90	15-16	16-17	14-15

როგორც ცხრილიდან ჩანს წრფივი დამოკიდებულება მიკროსისაღესა და დატვირთვის სიდიდეს შორის ერთმნიშვნელოვნად არ დაფიქსირდა. გარკვეული გადახრები განპირობებულია სხვადასხვა ფაქტორით, რომლებიც გავლენას ახდენს სისაღის რიცხვით მნიშვნელობაზე, მასალის არაერთგვაროვნებაზე, მარცვლების ზომებზე, გაზომვის ცდომილებაზე და სხვა [25-27].

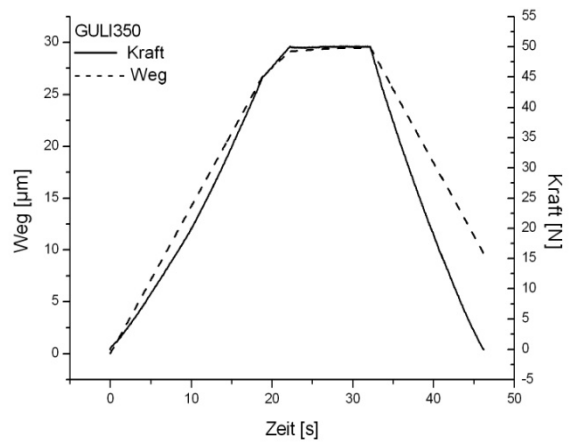
მიკროსისაღის გაზომვისას დატვირთვისას და დატვირთვის მოხსნის შემდეგ, ინდენტორის მიერ გავლილი გზის შედეგით, ვცადეთ დაგვეხსიათებინა დრეკადი დეფორმაციის სიდიდე, რაც რიცხობრივად მათი სხვაობის პროცენტით გამოვთვალეთ. აღმოჩნდა, რომ სტანდარტული შენადნობებისათვის ის იცვლებოდა 22–38% ფარგლებში, ხოლო საკვლევი კომპოზიტის შემთხვევაში საერთოდ არ დაფიქსირდა.



სურ. 3. მიკროსისაღისა და ინდენტორის მიერ გავლილი გზის გრაფიკები 5N დატვირთვისას: ა) T საკვლევი კომპოზიტის, ბ) BK8 და გ) KNT20 შენადნობებისთვის

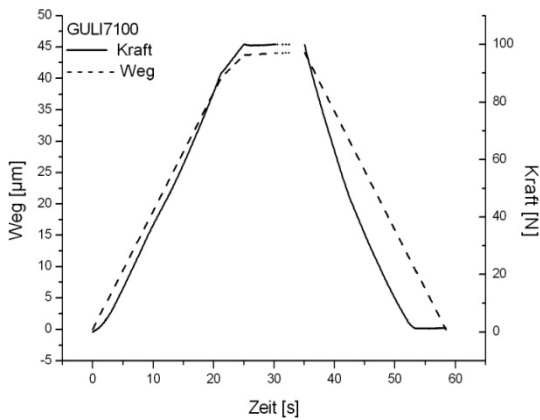


ა)

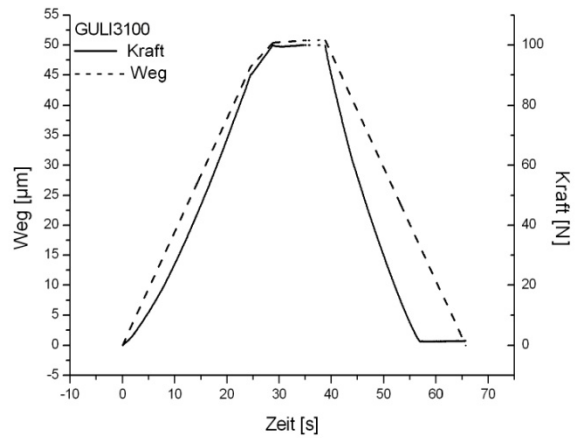


ბ)

სურ. 4. მიკროსისალისა და ინდენტორის მიერ გავლილი გზის გრაფიკები 50N დატვირთვისას: ა) T საკვლევი კომპოზიტის, ბ) KNT20 შენადნობისთვის



ა)



ბ)

სურ. 5. მიკროსისალისა და ინდენტორის მიერ გავლილი გზის გრაფიკები 100N დატვირთვისას: ა) T საკვლევი კომპოზიტის, ბ) KNT20 შენადნობებისთვის

ინდენტორის ანაბეჭდებზე დაკვირვებამ გვიჩვენა (სურ. 6, ა, ბ), რომ საკვლევი კომპოზიტის საზღვრები დარღვეულია ყველა დატვირთვის შემთხვევაში, სტანდარტული BK8-ის შემთხვევაში კი რღვევა 15N დატვირთვის შემდეგ ფიქსირდება, ხოლო KNT20 შენადნობის შემთხვევაში, სადაც 20% ნიკელ-მოლიბდენის ლითონურ შემაკავშირებელს შეიცავს, ანაბეჭდის საზღვრების რღვევა უფრო მეტი – 50N დატვირთვისას ფიქსირდება, რაც, ჩვენი აზრით, მიუთითებს საკვლევი კომპოზიტში, სტანდარტულ შენადნობებთან შედარებით, დრეკადი დეფორმაციის ნაკლებობაზე ოთახის ტემპერატურის პირობებში.

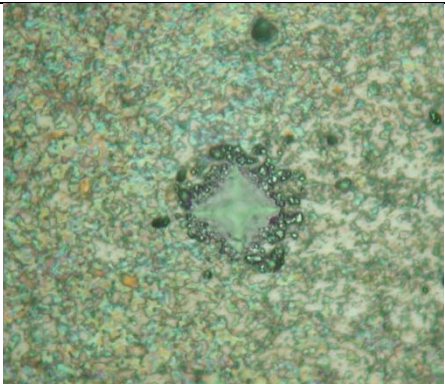


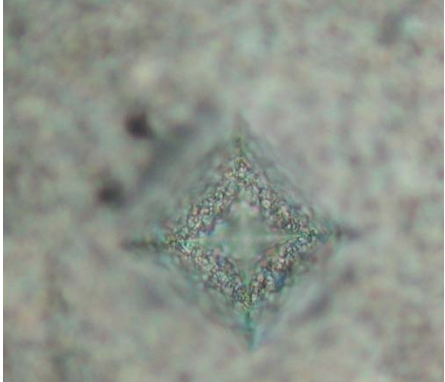


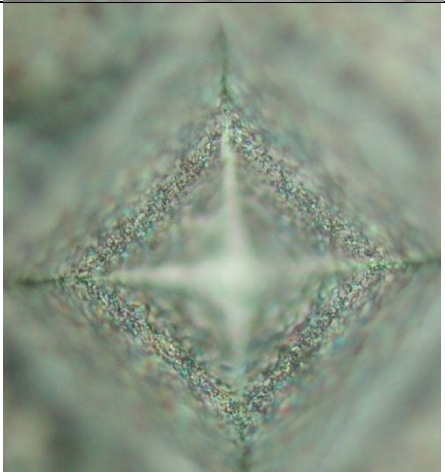
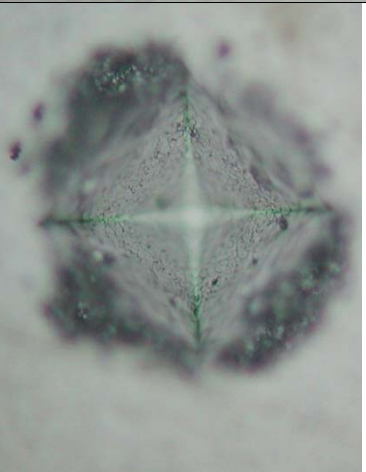
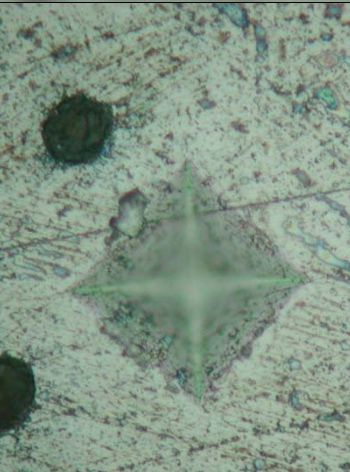
სისალის მახასიათებლების მაღალ ტემპერატურებზე განსაზღვრით (ცხრილი 2) ვნახეთ, რომ საკვლევი კომპოზიტი სისალეს ინარჩუნებს საკმაოდ მაღალ ტემპერატურამდე მაშინ, როცა სტანდარტული კომპოზიტები კობალტის ან

ნიკელ-მოლიბდენის ლითონური შემაკავშირებელი საგრძნობლად ჩამორჩება მას, რაც განაპირობა შემაკავშირებელი მეტალური ფაზის მსურველმდეგობის გაზრდამ, მასში მეტალური ვოლფრამის შეყვანით.

ცხრილი 2

კომპოზიტების სისალის ტემპერატურაზე დამოკიდებულება

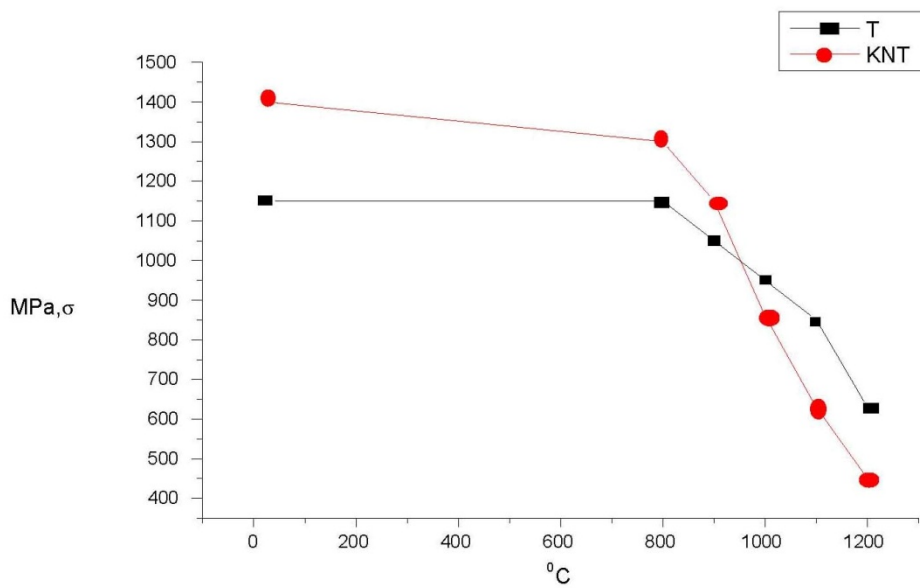
ტემპერატურა, t °C	სისალე HV, გპა		
	საკვლევი კომპოზიტი T	WC92-Co8	TiCN80-Co20
200	14,0	13,0	14,0
400	13,0	10,5	11,5
600	11,0	8,0	8,5
800	9,0	5,5	6,0
1000	6,5	3,5	4,0

N	კომპოზიტის დასახელება		
	T	BK	KNT
5			
15			
50			

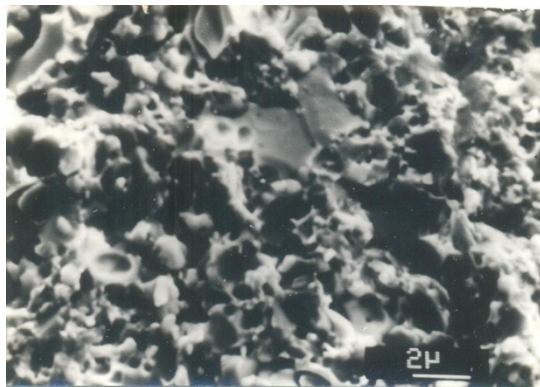
სურ. 6. ინდენტორის ანაბეჭდების სურათები 5, 15, 50 N დატვირთვისას

ღუნვაზე სიმტკიცის ზღვრის განსაზღვრამ მაღალ ტემპერატურაზე გვიჩვენა, რომ საკვლევი მცირეფოლფრამიანი კომპოზიტის სიმტკიცე თითქმის არ იცვლება 1000°C-მდე, ნიმუშების გამოცდის ტემპერატურის შემდგომი ზრდისას სიმტკიცის ზღვარი ღუნვისას მდოვრედ ეცემა, მაგრამ 1200°C-ზე ჯერ კიდევ ინარჩუნებს 400–600მპა სიდიდეს (სურ. 7).

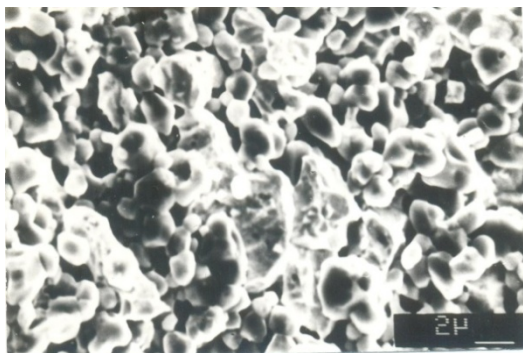
ჩატარებულ იქნა ელექტრონულ მიკროსკოპული კვლევა საკვლევი კომპოზიტის ნიმუშების ტეხისას, ღუნვაზე სიმტკიცის ზღვრის გამოცდის შემდეგ (სურ. 8). ოთახის ტემპერატურაზე გატეხილი ნიმუშის (სურ. 8, ა) შემთხვევაში ჩანს, რომ რღვევა ხდება როგორც მარცვალთშორის, ასევე ტრანსკრისტალიტური მექანიზმით, ხოლო მაღალ ტემპერატურებზე – მარცვალთშორის მეტალურ ფაზაზე (სურ. 8, ბ).



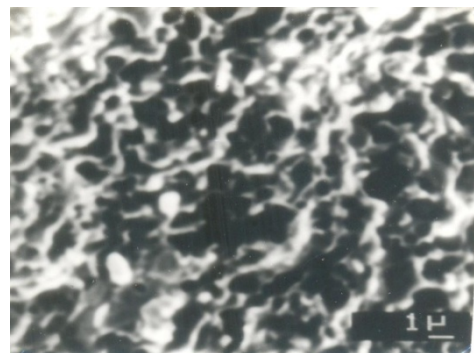
სურ. 7. T და KNT20 კომპოზიტის ღუნვაზე სიმტკიცის ზღვრის ტემპერატურაზე დამოკიდებულების მრუდები



ა)



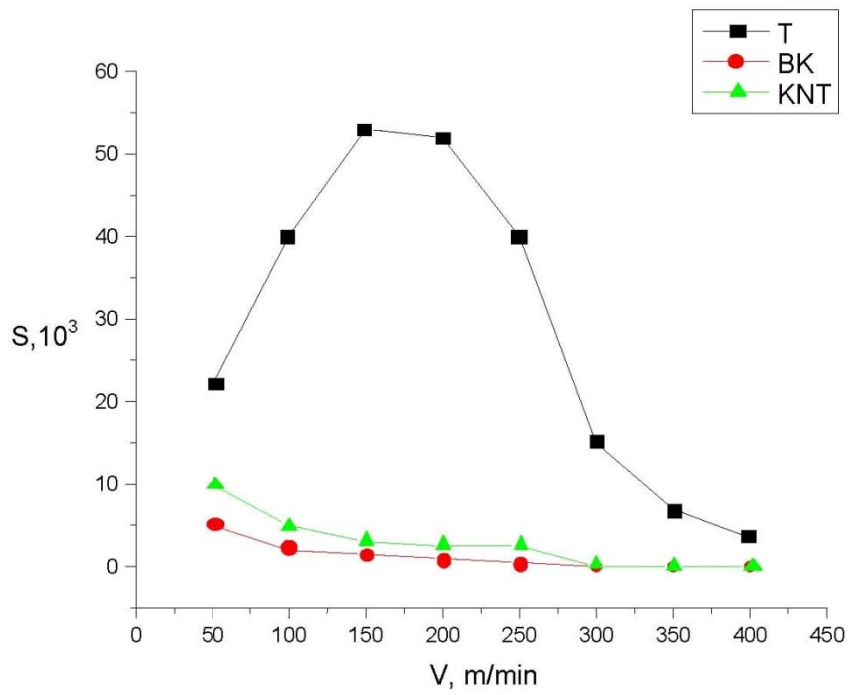
ბ)



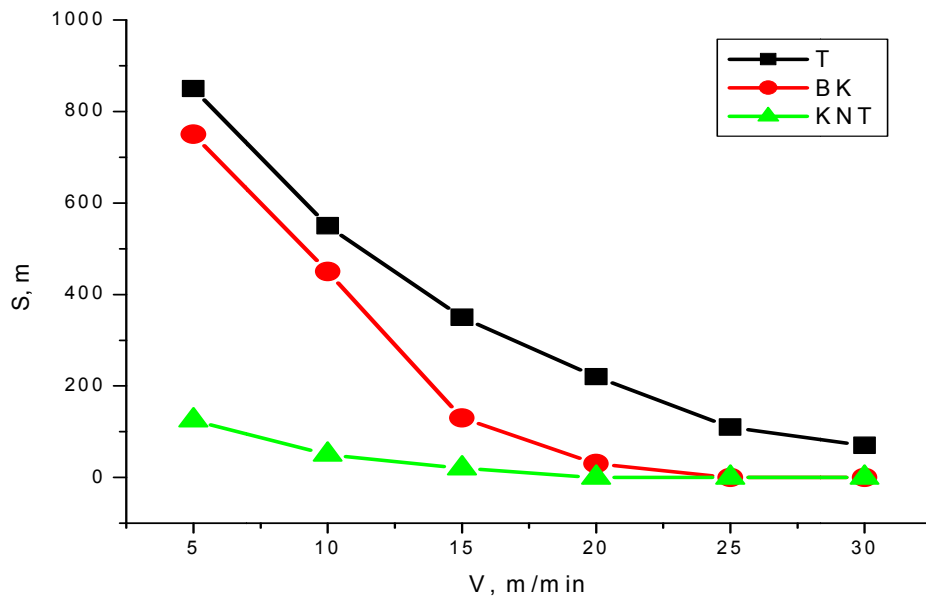
გ)

სურ. 8. T კომპოზიტის ტეხის ელექტრონულმიკროსკოპული სურათი ღუნვაზე სიმტკიცის ზღვრის გამოცდის შემდეგ: ა) ოთახის ტემპერატურაზე, ბ) 800°C; გ) 1200°C

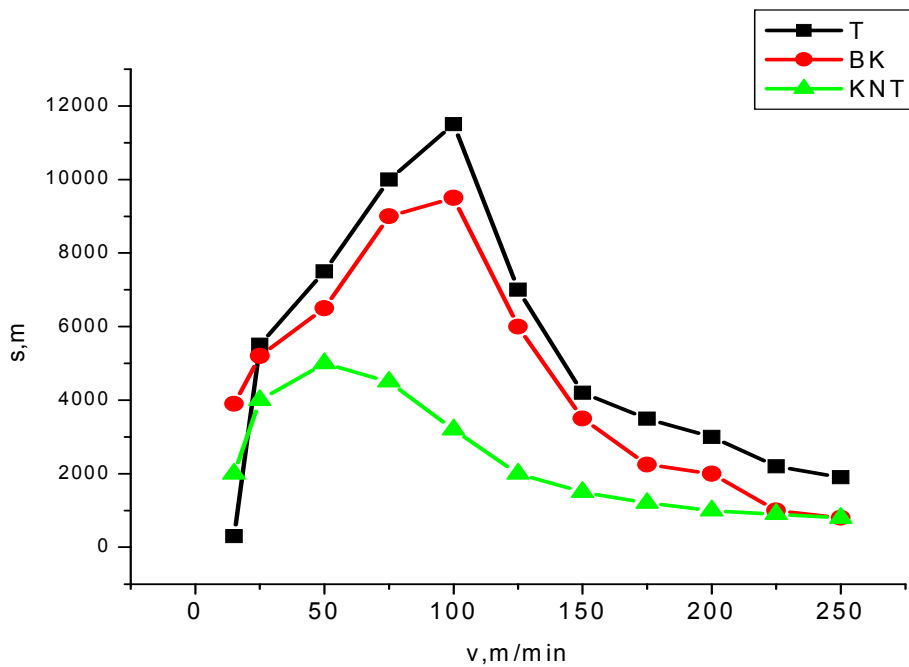
მედევობაზე ჩატარებულმა ცდების [28-30] შედეგებმა ნახშირბადოვანი, ლეგირებული ფოლადებისა და მსურვალმტკიცე შენადნობების ჭრით დამუშავებისას გვიჩვენა, რომ საკვლევი კომპოზიტის მედეგობა 1,5-2-ჯერ აღემატება სტანდარტული კომპოზიტების მედეგობას (სურ. 9, ა, ბ, გ).



δ)



δ)



ბ)

სურ. 9. მედეგობის მრუდები T, BK და KNT კომპოზიტებისათვის სხვადასხვა მასალის ჭრით დამუშავებისას: ა) ფოლად HRC=45-ის, ბ) თუჯისა და გ) უჟანგავი ფოლადის ($\alpha=\alpha=9^\circ$; $\varphi=45^\circ$; $\varphi^1=35$; $\lambda=0^\circ$; $t=1\text{mm}$; $S=0,2188/\text{ბრ}$)

ფოლად 45-ის (HRC-45) დამუშავებისას, ჭრის დაბალი სიჩქარის დროს, მედეგობის მანვენებელი (სურ. 9, ა) ყველა კომპოზიტისთვის მეტნაკლებად ერთნაირია, რომელიც განისაზღვრება მყიფე ადჰეზიური ცვეთითა და ჩამოფხვნივით, რადგან მათ დაახლოებით ერთნაირი სიმტკიცის ზღვარი აქვს. თუჯის დამუშავებისას დაბალი ჭრის სიჩქარის პირობებში $v=5-10$ მ/წთ (სურ. 7, ბ) მედეგობა დაახლოებით ისევე ერთნაირია, ხოლო $v=5-10$ მ/წთ სიჩქარისას T კომპოზიტის მედეგობა ბევრად აღემატება BK8 და KNT20 მედეგობას, ასევეა უჟანგავი ფოლადების დამუშავებისას (სურ. 9, გ).

საკვლევი კომპოზიტის მეტალურ შემაკავშირებელში მაღალი ღებობის ტემპერატურის მქონე ფოლფრამის დამატებით, ზოგადად, ამ კომპოზიტის პლასტიკური სიმტკიცე გაიზარდა, რაც გამოიხატა მაღალი სიჩქარეების ჭრისას მის უპირატესობაში [31].

მაღალი პლასტიკური სიმტკიცისა და დიფუზური მედეგობის შედეგად საკვლევი მცირე ფოლფრამიანი კომპოზიტის მნიშვნელოვანი უპირატესობა დაფიქსირდა BK8 და KNT20-ის მიმართ გახურებულ მდგომარეობაში ფოლადის ჭრით დამუშავებისას შენადული მიღების შიგა და გარე ნაკერების მოხსნის ოპერაციაზე, როცა ჭრის ტემპერატურა $900-950^\circ\text{C}$ აღწევდა.

3. დასკვნა

ტიტანის კარბონიტრიდისა და მაღალი ღებობის ტემპერატურის მქონე შემაკავშირებელი ლითონური ფაზის შერწყმით მიღებული მცირეფოლფრამიანი მჭრელი კომპოზიტი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ფოლადების ჭრით სუფთა და ნახევრად სუფთა დამუშავებისას. რეკომენდებულია მისი გამოყენება აგრეთვე გახურებული ფოლადების ჭრით დამუშავებისას ე.წ. ცხელი ნაწიბურების მოხსნისთვის.

ლიტერატურა

1. Шлишевский Б.Е. Ларина Т.В. Безвольфрамовые твердые сплавы и перспектива их использования в оптической отрасли приборостроения // ИНТЕРЭК-СПО ГЕО-СИБИРЬ, выпуск №1. Том 4. 2007, с. 1-7.
2. Грубый С.В. Повышение эффективности токарной обработки сталей резцами из безвольфрамовых твердых сплавов, Автореферат диссертации. Москва, 1984.
3. Зубков Н.Н. Инструментальные материалы для изготовления лезвийных инструментов // НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: Электронное научно-техническое издание, выпуск №05, 2013, с.75-97.

4. Верещака А.С., Кушнер В.С. Резание материалов, М.: Высшая Школа, 2009. -539с.
5. Smith G. Cutting Tool Technology: Industrial Handbook - London: Springer-Verlag London Limited, 2008.
6. Smith G. Cutting Tool Technology: Industrial Handbook - London: Springer-Verlag London Limited, 2008.-559р.
7. Loladze T.N., Totchiev F.G., Tkemaladze G.N. Some Features of Brittle Failure of Cutting Tools in: Proc. of the International M.T.O.R. Conference. Swansea, 1980. P.p.297-303.
8. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
9. Лоладзе Т.Н. Основные направления развития обработки материалов резанием // Вестник машиностроения, 1980, №11, с.40-41.
10. Миканадзе А.И. Режущие свойства и применение маловольфрамовых сплавов с высокотемпературной связкой. Автореферат кандидатской диссертации. Тбилиси: Грузинский политехнический институт, 1983. - 30с.
11. Лоладзе Т.Н. Научные основы создания эффективных инструментальных материалов на примере сплавов Т и ТП // Тезисы докладов Всесоюзного научного симпозиума “Проблемы создания и внедрения высокопроизводительного режущего инструмента с пониженным содержанием вольфрама”. Тбилиси, 1977, с.57-69.
12. Kowsiridze Z., Kiknadze N., Hainrich J., Goerke R., Tabatadze G. Structural Research of Al₂O₃ – TiC System Nanoceramic Composite Material, 1st International Conference for Students and Young Scientists on Materials Processing Science, Tbilisi< Georgia, 10-13 October 2010.
13. Kowsiridze Z., Nizharadze N., Tabatadze G., Nikoleisvili E., Mestvirisvili Z., Kinkladze V. Multifunctional heteromodulus composites in the B₄C-BN-TiC-SiC-C System. Journal of the European Ceramic Society, Elsevier, vol. 31, issue 10, September 2011, pp. 1921-1926.
14. Kowsiridze Z., Jalabadze N., Tabatadze G. B₄C and Al₂O₃ Based Composites. IInd International Conference for Students and Young Scientists on Materials Processing Science, Tbilisi< Georgia, 10-13 October 2012, pp. 150-156.
15. Kowsiridze Z., Kiknadze N., Tabatadze G. Cutting Ceramic Composite material on the Basis of Al₂O₃ – TiC-WC-TiN System. IInd International Conference for Students and Young Scientists on Materials Processing Science, Tbilisi< Georgia, 10-13 October 2012, pp. 136-141.
16. Kowsiridze Z., Tabatadze G., Hainrich U., Mestvirisvili Z. 4th International Congress on Ceramics, Chicago, Illinois, USA, Juli 15-19, 2012, pp.65.
17. Лоладзе Т.Н. Основы создания эффективных инструментальных материалов для обработки жаропрочных сплавов и специальных сталей. Тбилиси: Грузинский политехнический институт, 1976. - 44с.
18. Постнев В.В., Хадиуллин, Шафиков А.А., Федоровцев А.Ю. Исследование влияния интенсивности автоколебаний на формоустойчивость режущей кромки твердосплавного инструмента // Вестник Уфимского государственного технического университета. Выпуск №1(36), том 14, 2010. С.43-49.
19. Трефилов В.И., Мильман Ю.А. Изв. АН СССР. Неорганические материалы, 1984, т.20. №6. С.958-966.
20. Трефилов В.И., Мильман Ю.А. Физические основы прочности тугоплавких металлов. Киев, 1975.
21. Андриевский Р.А. Журнал Всесоюзного физического общества. 1979, №3.с.258-262.
22. Андриевский Р.А., Ланин А.Г., Рымашевский Г.А. Прочность тугоплавких соединений. М.: Металлургия, 1974. - 231 с.
23. Андриевский Р.А., Спивак И.И. Прочность тугоплавких соединений и материалов на их основе. Справочник. Челябинск: Металлургия. Челябинское отделение. 1989. - 367 с.
24. Липатов А.А., Чигиринский Ю.Л. Оценка режущих свойств твердосплавного инструмента по объемному содержанию фаз // Известия Волгоградского государственного технического университета, выпуск №100, том 13, 2012, с.35-37.
25. Федосов С.А., Пешек Л. Определение механических свойств материалов микроиндентированием. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2004. – 98 с.
26. Головин Ю.И. Наноиндентирование и его возможности. М.: Машиностроение, 2009.–312 с.
27. Матюнин В.М. Оперативная диагностика механических свойств конструкционных материалов. М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 214 с.
28. Макаров А.Д. Ускоренные методы определения оптимальных режимов резания. - В сб.: Оптимизация процессов резания жаро- и особопрочных материалов. Выпуск VI, Уфа, 1981, с.3-16.
29. Ковеленов Н.Ю., Михайлов С.В., Болотских С.В. Разработка экспериментального метода ускоренного определения режущих свойств инструмента

// Известия Самарского Научного Центра РАН, №1, том.16,2014.с.404-409.

30. Артамонов Е.В., Василега Д.С., Тверяков А.М. Определение температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин из инст-

рументальных твердых сплавов // Омский научный вестник. Вып. №3-123. 2013. С.85-87.

31. Трефилов В.И., Григорьев О.Н., Шатохин Т.М. ДАН СССР. 1981. Т.259. №4, с.836-839.

UDC 621.9.02

METAL-CERAMIC COMPOSITES FOR METAL TREATMENT BY CUTTING

Z. Kovziridze, N. Nizharadze, A. Mikanadze, G. Tabatadze

Resume: The Goal: Low wolfram-containing cutting composite was obtained by fusion of titanium carbonitride and binding metal phase of high melting temperature; Method: The composite was prepared by compaction and further baking in vacuum furnace at 1600⁰C and 10⁻³ Pa pressure. Method: analyses were performed on the X-Ray diffraction apparatus DRON-3, microstructure - on electron microscope NANOLAB-7, micro hardness - on micro-hardness meter of the mark MUCKE; relative resistance of cutters was estimated according to distances run at similar cutting regimes. Experiments were performed on turning machine. Results: Physical –mechanical proper of the prepared composite are as follows: $\sigma_{bend.} = 1000-1150$ MPa, $\sigma_{bend.1000}^{0C} = 600$ MPa HV=14GPa; HV₁₀₀₀^{0C} 6,5 GPa. At the terms of high cutting rates and high temperatures stability of cutters prepared by the composite under the study exceeds 1,5-2 times that of the known BK8 and KNT20 hard composite cutters. Conclusion: Its application is recommended in hot steel treatment by cutting, for removal of the so called edges/seams, as well as in steel treatment by cutting, during pure and semi-pure operations.

Key words: metal-ceramic; composite; cutting material; high-temperature; heat-resistant; micro hardness.

УДК 621.9.02

МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЙ КОМПОЗИТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

Ковзиридзе З.Д., Нижарадзе Н.С., Миканадзе А.И., Табатадзе Г.С.

Резюме: Целью является получение маловольфрамового режущего композита связыванием карбонитрида титана с высокотемпературной металлической фазой. Методы: композит получен предварительным прессованием и последующим спеканием в вакуум-печи при температуре 1600⁰C и давлении 10⁻³Па. Фазовый анализ проведен на рентгеновском аппарате DRON-3, микроструктура на электронном микроскопе NANOLAB-7, микротвердость на микротвердомере фирмы «MUCKE», сравнительная стойкость резцов оценивалась длиной пройденного пути резания при одинаковых режимах обработки. Испытания проводились на токарном станке. Результат: физико-технические показатели исследуемого композита: $\sigma_{изг.} = 1000-1150$ МПа; $\sigma_{изг.1000}^{0C} = 600$ МПа; HV=14ГПа; HV₁₀₀₀^{0C} =6,5ГПа. Стойкость резцов, изготовленных из исследуемого композита, в 1,5 и 2-раза превосходит стойкость резцов из известных твердых сплавов BK8 и KNT20. Заключение: Рекомендовано использование полученного маловольфрамового композита для обработки резанием сталей при чистовых и получистовых операциях, а также для обработки сталей в нагретом состоянии - т.н. для снятия горячих сварных швов.

Ключевые слова: металлокерамический композит; режущий материал; высокотемпературный; жаропрочный; микротвердость.

შპს 5912

მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის მეთოდით სწორი ნაწლავის კიბოსა (პროქტოლოგიური) და საშვილოსნოს ყელის დაავადებების სამკურნალო აპარატი და შესაფრთხილების შესწავლა თეთრ ვირთხებზე

ზ. კოვირიძე,* ნ. ჯოგლიძე, ნ. ნიჟარაძე,* ს. ბლუაშვილი***

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

*თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტი. ფარმაკოლოგიური და სამკურნალო საშუალებების კვლევის ჯგუფი. საქართველო, 0177, თბილისი, ვაჟა-ფშაველას 33

E-mail: kowsiri@gtu.ge

რეზიუმე: მიზანი: შესწავლილია ჰიპერთერმიის მონოთერაპიული ეფექტი სწორი ნაწლავის კიბოსა და საშვილოსნოს ყელის დაავადებების სამკურნალოდ. **მეთოდი:** მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის მეთოდის განვითარებისათვის, ექსპერიმენტულ მასალაზე დაყრდნობით, გამოყენებულ იქნა ხელსაწყო „ლეზი“, რომელიც შეიქმნა სტუდენტის ბიონანოკრამიკისა და ნანოკომპოზიტების მასალათმცოდნეობის ცენტრში. **შედეგები:** ყველა ცხოველში (3 თვის ალბინოსი თაგვები) დაფიქსირდა კიბოს დაავადების შეჩერება და განვითარდა ინტრატუმორული ნეკროზი (საქართველოს ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი, საქპატენტი. დეპონირების დამადასტურებელი მოწმობა 5054. „მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმია და მაგნიტური ჰიპერთერმია კიბოს დაავადებების სამკურნალოდ“). **დასკვნა:** შედეგად დადგინდა, რომ 7–10 სეანსის შემდეგ სიმსივნე დაწყულდა, რაც ექსპერიმენტის დადებით შედეგზე მეტყველებს (პათოლოგიურ-ანატომიური ლაბორატორია „პათჯეოს“ დასკვნა. გამოკვლევის №3119-12 და ჰისტოპათოლოგიური გამოკვლევა №15272-13. დაავადების გაცემის თარიღი 14.01.2014 წ. თბილისი, საქართველო).

უვნებლობაზე ექსპერიმენტმა ცხადყო, რომ ზემოაღნიშნული მეთოდის გამოყენება მკურნალობის პროცესში ცხოველებისათვის უსაფრთხოა.

საკვანძო სიტყვები: მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმია; ნეკროზი; დაწყულდება; მეტასტაზი; ექსპერიმენტი; უსაფრთხოება; მკურნალობა.

1. შესავალი

პრობლემის აქტუალურობა და კვლევის სიახლე

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით ავთვისებიანი სიმსივნეებით განპირობებული ავადობისა და მისგან გამოწვეული სიკვდილიანობის მაჩვენებელი გააუმჯობესებდა მთელ მსოფლიოში. დღეისათვის ონკოლოგიურ ავადმყოფთა მკურნალობაში წამყვანი როლი ენიჭება:

1. ქირურგიულ მეთოდებს;
2. ქიმიოთერაპიას;
3. სხივურ თერაპიას.

პორმონო- და იმუნოთერაპია დამხმარე მეთოდებია.

თუმცა, ხშირ შემთხვევაში, კვალიფიციურად ჩატარებული ჩარევის მიუხედავად, დაავადება ლეტალური გამოსავლით მთავრდება. გარდა პოლიორგანული უკმარისობისა, ამის მიზეზია ქიმიოთერაპიით გამოწვეული იმუნური სისტემის დათრგუნვა, მიელოდეპრესია, ლეიკოპენია, კარდიო-, ნეფრო-, ჰეპატო- და ნეიროტოქსიკურობა, ინტერკურენტული მიკრობული გართულებები და სხვა. ყოველივე ეს განაპირობებს ავთვისებიანი სიმსივნეების მკურნალობის ახალი გზების ძიების აუცილებლობას, რომლებიც მიმართული იქნება სიმსივნის საწინააღმდეგო სტრატეგიის გასაძლიერებლად.

პირველად საქართველოში შევისწავლეთ მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის სიმსივნის საწინააღმდეგო ეფექტი. ჰიპერთერმია არის მეთოდი, რომელიც გულისხმობს სიმსივნურ უჯრედებზე ციტოსტატიკურ ზემოქმედებას უჯრედში ტემპერატურის გაზრდით – ჩვენ შემთხვევაში ტემპერატურული ველით გამოწვეული სითბური გაბნევით.

საქართველოში ყოველწლიურად ავთვისებიანი სიმსივნით დაავადებულთა რაოდენობა შეიძლება ათასს აღწევს. დაავადებულთა საერთო რაოდენობა ოცდათხუთმეტი ათასია.

ცნობილია, რომ ავთვისებიანი სიმსივნეები შედგება ორგანიზმის საკუთარი უჯრედებისაგან, რომლებიც ნორმისაგან მხოლოდ იმით განსხვავდება, რომ მათში მიმდინარეობს უკონტროლო შეუზღუდავი გამრავლება და ზრდა. ამიტომ, ავთვისებიან სიმსივნეებში მეტაბოლური პროცესების ინტენსიურობა და, შესაბამისად, ენერგეტიკული მოთხოვნილებები უფრო მაღალია, ვიდრე ჩვეულებრივ ქსოვილებში. ამ ფაქტორის გათვალისწინებით პერსპექტიულია ონკოლოგიურად დაავადებულ და მის მოსახლერე ქსოვილებზე ისეთი ზემოქმედების გამოყენება, რომელიც დროის ერთ მონაკვეთში ამოწურავს გადაგვარებული უჯრედების ენერგეტიკულ პოტენციალს, გამოიწვევს მათი ცილების დენატურაციას (დალუპვას),

ამავე დროს შენარჩუნებული იქნება ჯანმრთელი უჯრედების სიცოცხლისუნარიანობა [1-9].

ასეთი ბიოფიზიკური ზემოქმედება შეიძლება იყოს ადგილობრივი ჰიპერთერმია (+42-+44°C).

მთელ მსოფლიოში ავთვისებიანი სიმსივნეებით განპირობებული ავადობისა და მისგან გამოწვეული სიკვდილიანობის მახვენებელი გამომდებელი იზრდება და კვების ტენდენცია არ გააჩნია. გაძნელებულია ნადრევი დიაგნოსტიკა და ავადმყოფთა დიდი ნაწილი სტაციონარს გაგრძელებული სიმსივნეებით (III-IV სტადია) მიმართავს, როდესაც მათ ქირურგიული, სხივური და მედიკამენტური კომპონენტების გამოყენებით კომბინირებული და კომპლექსური მკურნალობა ესაჭიროებათ. იმატა იმ პაციენტთა რაოდენობამაც, რომლებიც ექიმ-ონკოლოგს მიმართავენ სიმსივნური პროცესის დაგვიანებითი კლინიკური ნიშნების მანიფესტაციითა და სხვადასხვა მეტაბოლური დარღვევებით.

ავთვისებიან სიმსივნეთა მკურნალობის ახალი მეთოდების შემუშავება ონკოლოგიის მნიშვნელოვანი ამოცანაა. ექსპერიმენტული და კლინიკური კვლევებით დადასტურებული დადებითი ეფექტის მქონე სამკურნალწამლო საშუალებისა თუ მკურნალობის მეთოდის კლინიკურ პრაქტიკაში დანერგვა წინგადადგმული ნაბიჯია ონკოლოგიური პაციენტების მკურნალობის საკითხში.

2. ძირითადი ნაწილი

კვლევის მიზანია ონკოლოგიური ავადმყოფების მკურნალობის უახლოესი და შორეული შედეგების გაუმჯობესება სიმსივნურ წარმონაქმნზე მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის გამოყენებით.

აღნიშნული მიზნის მისაღწევად დასახულია შემდეგი ამოცანების გადაჭრა:

1) ექსპერიმენტულ სიმსივნეებზე ჰიპერთერმიის სიმსივნის საწინააღმდეგო სამკურნალო ეფექტის შესწავლა.

2) ექსპერიმენტში ჰიპერთერმიის სიმსივნის საწინააღმდეგო ადიუვანტური ეფექტის დადგენა პოლიქიმიოთერაპიასთან კომბინაციაში.

ჰიპერთერმიის სხვადასხვა რეჟიმის შესწავლა მკურნალობის უშუალო და შორეულ შედეგებზე.

მეცნიერული სიახლე

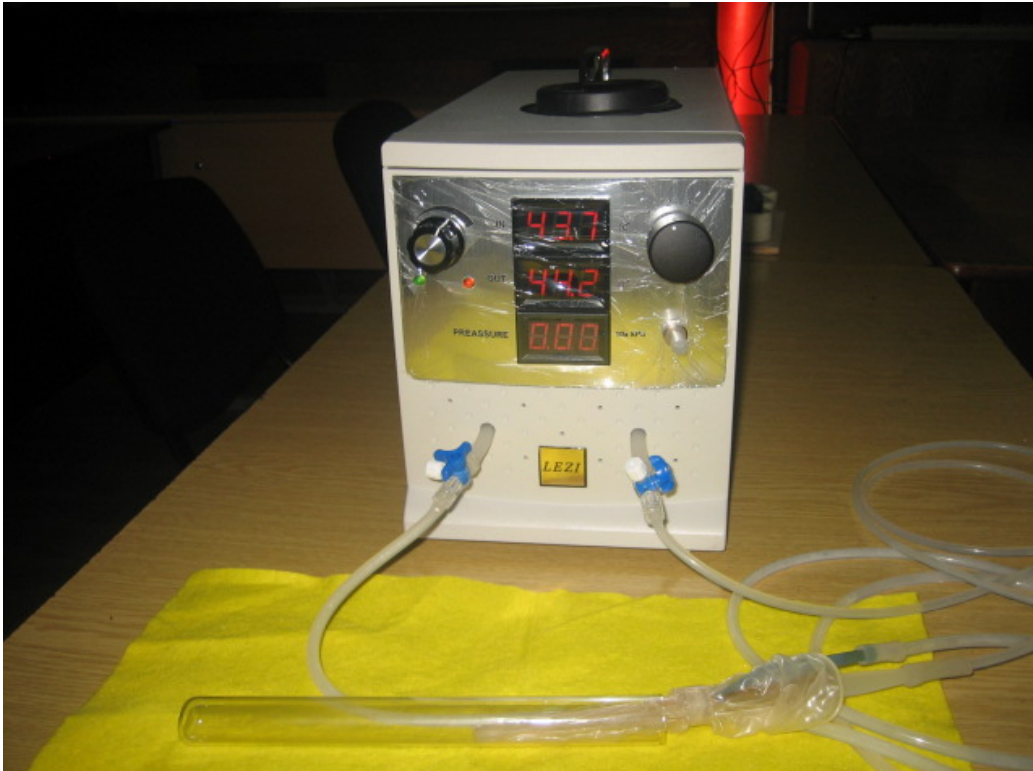
ექსპერიმენტულ მასალაზე დაყრდნობით, საქართველოში პირველად იქნა წარმოდგენილი მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის სიმსივნის საწინააღმდეგო მონოთერაპიული სამკურნალო ეფექტი და ადიუვანტური მოქმედება სიმსივნეთა პოლიქიმიოთერაპიულ მკურნალობაში სწორი ნაწილისა და საშვილონოსნოს ყელის დაავადებებისათვის.

კვლევის ობიექტი და ამოცანა

კვლევის ობიექტს წარმოადგენდა 2-3 თვის 20-25 გრამი მასის უჯიშო არახაზოვანი თეთრი თაგვები და მათი ავთვისებიანი სიმსივნური უჯრედები. კიბოს უჯრედები ჩვეულებრივ ილუპება დაახლოებით 42-44°C, რადგან ჟანგბადის მიწოდება სისხლძარღვებით არასაკმარისია მაშინ, როდესაც ნორმალური უჯრედები არ ზიანდება უფრო მაღალი ტემპერატურის დროსაც. გარდა ამისა, სიმსივნე უფრო ადვილად ხურდება, ვიდრე გარშემო მდებარე ნორმალური ქსოვილი, რადგან სისხლძარღვები და ნერვული სისტემები ნაკლებად განვითარებულია სიმსივნეში, ამას გარდა ასეთი დაავადებული უჯრედების ჟანგბადით მომარაგება ნაკლებია ჩვეულებრივ ჯანმრთელ უჯრედებთან შედარებით [1-15]. ექსპერიმენტი ჩატარდა ცხოველების თორმეტ ჯგუფზე. შედეგები ყველა ჯგუფისათვის თანაბრად დადებითია და გამოქვეყნებულია იაპონიაში, აშშ-ში, ევროპასა და საქართველოში. პრევენციები გაკეთებულია საერთაშორისო კონფერენციებსა და მსოფლიო კონგრესებზე [16-20]. ამ შედეგებსა და რამდენიმე წლის მუშაობის გამოცდილებაზე დაყრდნობით გაჩნდა მოტივაცია, რათა შექმნილიყო კლინიკური აპარატურა ვოლუნტარი პაციენტებისათვის, აპარატურა მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის მეთოდით სწორი ნაწილის (პროქტოლოგიური) კიბოსა და საშვილონოსნოს ყელის დაავადებების სამკურნალოდ. რომელიც შექმნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიონანოკერამიკისა და ნანოკომპოზიტების მასალათმცოდნეობის ცენტრში.

სამუშაოს მიზანს შეადგენდა ჩვენ მიერ კონსტრუირებული სამკურნალო კლინიკური აპარატი გამოგვეყენებინა ცხოველებზე მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის მისაღებად. მისი საშუალებით ხდებოდა ტემპერატურული ველის მიზანმიმართული ტრანსპორტირება ცოცხალ ორგანიზმში ავთვისებიანი სიმსივნეების სამკურნალოდ.

სამუშაოს არსი მდგომარეობს იმაში, რომ ჩვენ მიერ შექმნილი კლინიკური ხელსაწყო (სურ. 1) ზონდის (ჰიპერთერმიული თავაკის) მეშვეობით ხდება ტემპერატურული ველის ტრანსპორტირება ვოლუნტარი პაციენტის ორგანიზმში ჰიდრო-ჰიპერთერმიული მეთოდით. ამ თავაკის სიმსივნურ უბანში ჩადგმით, გარკვეული დროის განმავლობაში, რომელიც ემპირიულად განისაზღვრება, ვნახავთ, როგორ რეაგირებს პაციენტი მკურნალობაზე და როგორ ექვემდებარება დაავადება მკურნალობას. ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ტემპერატურული ინტერვალი შეადგენს 42-44°C, ხოლო დროის ხანგრძლივობა - 20-40 წუთს.



სურ. 1. მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის მეთოდით სწორი ნაწლავისა (პროქტოლოგიური) და საშვილოსნოს ყელის სიმსივნური დაავადებების სამკურნალო აპარატი. დამზადებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ბიონანოკერამიკისა და ნანოკომპოზიტების მასალათმცოდნეობის ცენტრში (ხელმძღვანელი, პროფ. ზ. კოეზირიძე)

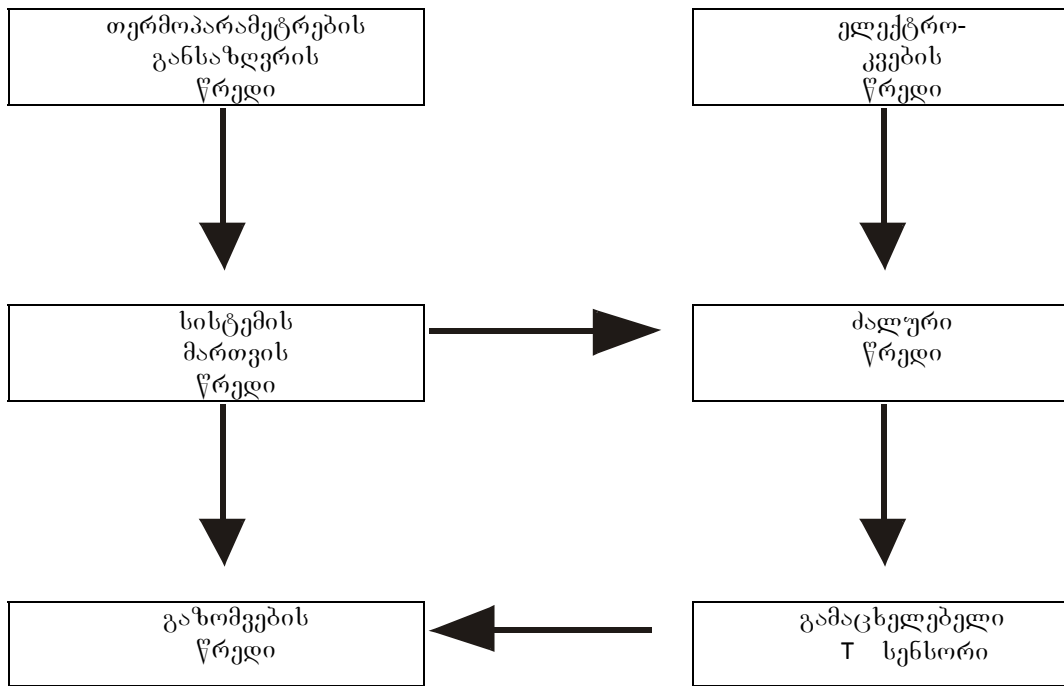
ძირითადი პარამეტრები

ელექტროკვება	220 ვ 160 ვტ
გამაცხელებლის ელექტროკვება	60 ვ 100 ვტ
ავზის მოცულობა	0.5 ლ
ტემპერატურის რეგულირების დიაპაზონი გამოსავალზე	40.5–47.0°C
ზონდში სითხის ნაკადის სიჩქარე	250 მლ/წთ

აპარატის დამზადებისას გამოიყენება სამედიცინო დანიშნულების სილიკონის სადრენაუმილები, მანაწილებლები და სხვა სამედიცინო აქსესუარები.

ტემპერატურის კონტროლი ხორციელდება სამი სენსორით. ორი თერმოსენსორი გამოიყენება ჰიდროსისტემის შესასვლელ-გამოსასვლელზე

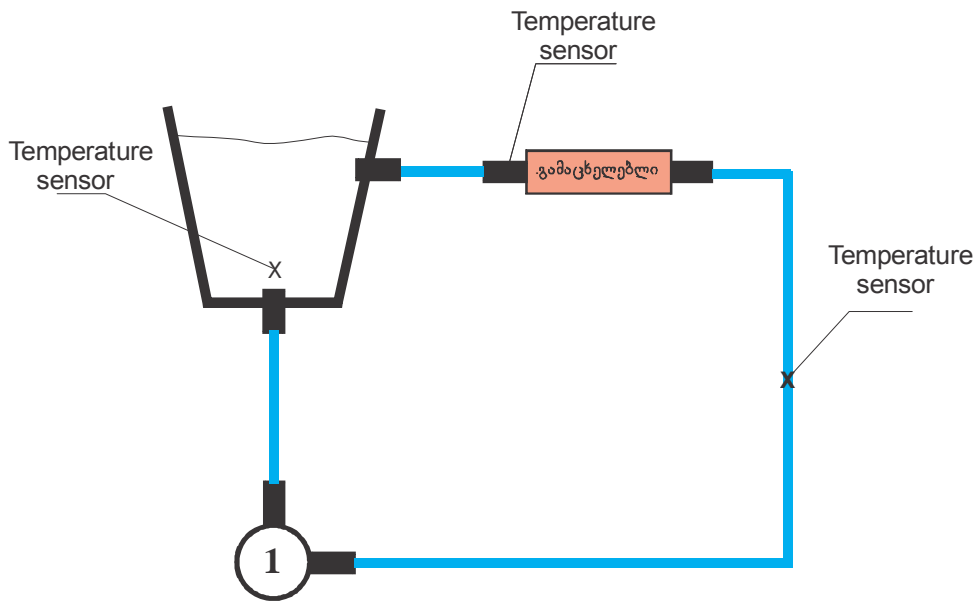
სითხის ნაკადების ტემპერატურის გასაკონტროლებლად, რომლის შედეგები გამოისახება მართვის პანელის 3-თანრიგიან დისპლეიზე. მესამე სენსორი დამონტაჟებულია გამაცხელებელზე და მისი სიგნალი გამოიყენება სისტემის ელექტრონული მართვის წრედში.



სურ. 2. ტემპერატურის სტაბილიზაციის ელექტრონული წრედის სქემა

გამაცხელებელი დამზადებულია მაღალი სისუფთავის ვერცხლის 4x7x220 მმ მილისგან. მილის აქტიური არე დაფარულია თბოგამტარი ელექტროსაიზოლაციო ფენით, რომელზეც დახვეულია სპირალი. მილის დაბოლოებაზე დამონტაჟებულია ტემპერატურული სენსორი, რო-

მელიც აღრიცხავს გამაცხელებლიდან გამოსული სითხის ნაკადის ტემპერატურას. კარგების თავიდან აცილების მიზნით გამაცხელებელი მთლიანად დაფარულია თერმოიზოლაციური დამცავი გარსით.



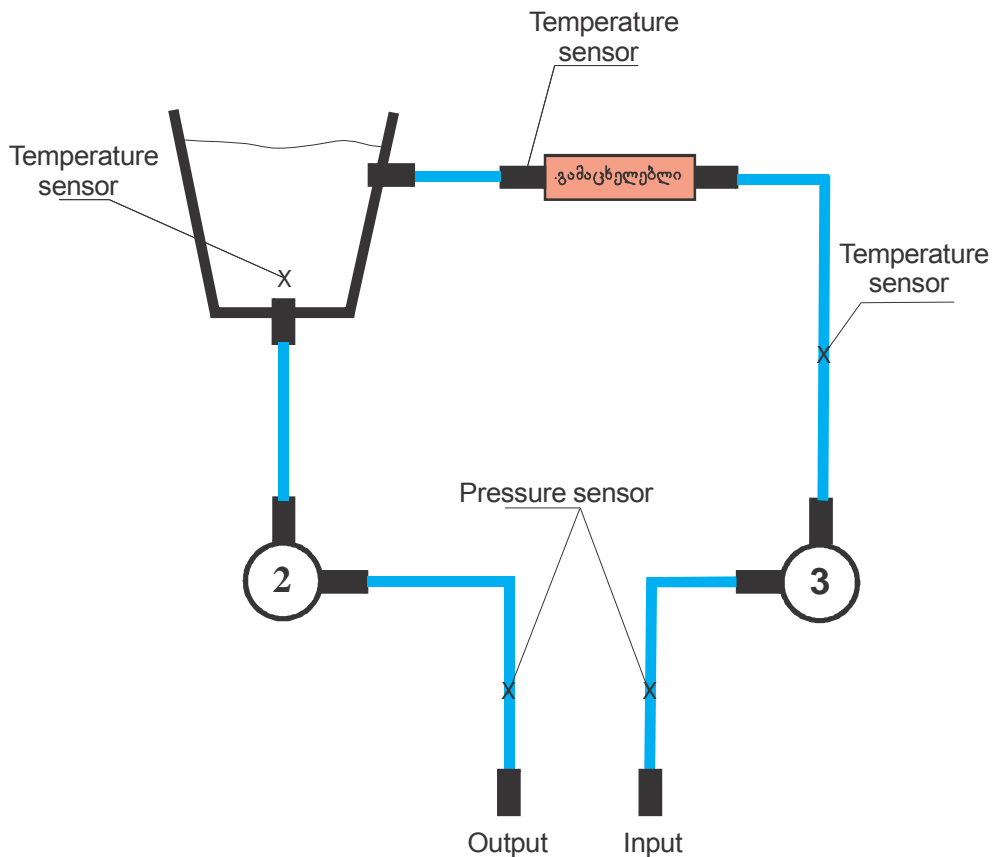
სურ. 3. ჰიდრაულიკური სისტემის ფუნქციონირების სქემა

ჰიდრაულიკური სისტემის ფუნქციონირებას უზრუნველყოფს სამი მუდმივი დენის დაბალი ძაბვის ელექტროტუმბო. ტუმბოების მართვის ელექტრონული ბლოკი ახორციელებს ერთ სარეზერვო და სამ მუშა რეჟიმს:

- მუშაობს PUMP1 ტუმბო, რაც განსაზღვრავს ავზში მოთავსებული სითხის ცირკულაციას გამაცხელებლის გავლით. პრაქტიკულად ეს რეჟიმი გამოიყენება აპარატის მოსამზადებლად, ავზში სითხის ტემპერატურა სტაბილურდება მართვის პანელიდან განსაზღვრულ დონეზე (სურ. 3).

- მუშაობს PUMP2 (რევერსულ რეჟიმში) და PUMP3 ტუმბოები. პრაქტიკულად ზონდიდან ამოიტუმბება ჰაერის და სითხის ნარჩენები. რეჟიმი განსაზღვრულია გარსაცმიანი ზონდის სხეულში შეყვანის და გამოყვანის პროცესის შესამსუბუქებლად.

- მუშაობს PUMP2 და PUMP3 ტუმბოები, ზონდში ცირკულირებს საჭირო ტემპერატურამდე გაცხელებული წყლის ნაკადი. ზონდიდან ამოტუმბული სითხე გამაცხელებლის გავლით ბრუნდება ავზში, მიმდინარეობს სამკურნალო არის გაცხელებაზე დაკარგული ტემპერატურის აღდგენა (სურ. 4).



სურ. 4 ჰიდრაულიკური სისტემის ფუნქციონირების სქემა სამკურნალო რეჟიმში

ჰიდრაულიკური სისტემის მართვის სქემა უზრუნველყოფს ტუმბოების მუშაობას მართვის პანელიდან არჩეული რეჟიმის შესაბამისად.

ჰიდრაულიკური სისტემის მართვის სქემა განსაზღვრავს ტუმბოების ინტენსიურობას ზონდში საჭირო წნევის (მაქსიმალური 50 კპა) შესაქმნელად. ჭარბმა წნევამ შესაძლოა გამოწვიოს სხეულის ქსოვილების დაზიანება. მართვის პანელიდან შესაძლებელია წნევის რეგულირება 10% ფარგლებში. დაავადებულ ქსოვილთან

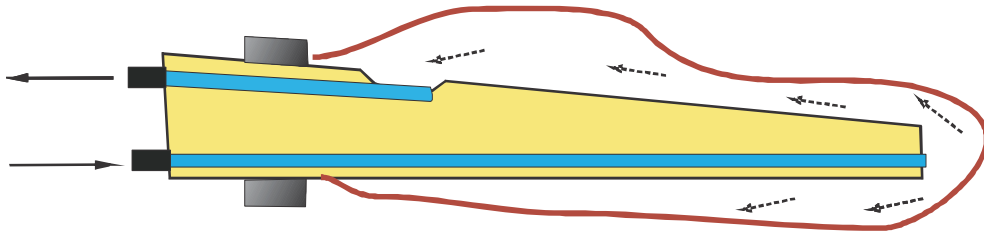
ზონდის შეხების ფართობთა ეფექტური თბოგადაცემის პროცესის მისაღებად შენარჩუნებული უნდა იქნეს სათანადო სიჩქარის სითხის ნაკადი. არსებული სისტემის მართვის ელექტრონული სქემა, კლინიკური გამოცდის შედეგების მიხედვით, ახდენს არსებული ფიქსირებული პარამეტრების რეგულირებას ფართო დიაპაზონში.

ჰიდრაულიკური სისტემის გამოსასვლელზე შემავალი და გამოშვებული ნაკადების შესაერთებლად ზონდის შესაბამის მიღებთან გამოყე-

ნებულია გადამყვან-ჩამკეტები. ზონდთან მისაერთებლად გამოყენებულია სილიკონის სქელკედლიანი სადრენაჟო მილები: 2x5 მმ (შემავალი) და 3x6 მმ (გამომავალი). ჰიდრავლიკური სისტემის აპარატის შიგა შეერთებისთვის გამოყენებულია 4x8 მმ სილიკონის მილი. მოწყობილობაში სილიკონის სქელკედლიანი მილების

გამოყენებამ, სილიკონის თერმოზოლაციური თვისებების გათვალისწინებით, განაპირობა გარემოს ტემპერატურის უმნიშვნელო გავლენა ცირკულირებადი სითხის ტემპერატურაზე. რეგულირება ხდება ფართო დიაპაზონში.

ზონდი სილიკონის მილია, რომელზეც წამოცმულია თხელკედლიანი გარსაცმი.



სურ. 5 ჰიპერთერმიული მეთოდით სწორი ნაწლავისა და საშვილოსნოს ყელის სიმსივნური დაავადებების სამკურნალო ზონდი

მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის მეთოდის გამოყენების უსაფრთხოების შესწავლა შემოკლებული პროგრამით თეთრ ვირთაგვებზე

მეთოდის არსი მდგომარეობს კანქვეშა ქსოვილებში ლოკალურად 42–44 სმ ფარგლებში მუდმივი ტემპერატურული ველის წარმოქმნასა და შენარჩუნებაში.

მკურნალობის ნებისმიერი ახალი მეთოდი შესწავლილი უნდა იქნეს უსაფრთხოებაზე. ამ მიზნით ჩატარდა კვლევები თეთრ ვირთაგვებზე.

ექსპერიმენტის აღწერა

ზემოთ მითითებული მეთოდის უსაფრთხოება შემოკლებული პროგრამით შესწავლილ იქნა 20 ± 5 გ წონის თეთრ ვირთაგვებზე.

ექსპერიმენტისთვის შეირჩა ვირთაგვების საცდელი და საკონტროლო ჯგუფები. თითოეულ ჯგუფში შედიოდა 10 მამრობითი და 10 მდედრობითი სქესის ვირთაგვა. საცდელი ჯგუფის ცხოველების საშვილოსნოს ყელსა და სწორ ნაწლავში შეგვყავდა სპეციალური ჰიპერთერმიული ზონდი თერმოპადი თავაკით. თერმოპადი შეერთებული იყო სითბოს გამოსამუშავებელ ხელსაწყოსთან. ორივე ჯგუფის ცხოვე-

ლებზე ექსპერიმენტი გრძელდებოდა 10 დღის განმავლობაში.

თერმოპადის საშუალებით ხდებოდა ტემპერატურული ველის ტრანსპორტირება ვირთაგვების საშვილოსნოს ყელისა და სწორი ნაწლავის გარკვეულ სპაროქციო მონაკვეთზე. ექსპერიმენტული ცხოველის საშვილოსნოს ყელსა და სწორ ნაწლავში (სურ. 6) შეყვანილი ზონდის თავაკი თბებოდა 42–43°C და ამ ტემპერატურას აღნიშნული თავაკი ინარჩუნებდა სპეციალური აპარატის საშუალებით. ექსპერიმენტის წინა პერიოდში ვირთაგვები იმყოფებოდნენ 2-კვირიან კარანტინში.

თითოეულ ვირთაგვაზე პროცედურის 3-წუთიანი ხანგრძლივობა 10 დღის განმავლობაში 100-ჯერ აღმატება მეთოდის ავტორების მიერ მოწოდებულ 30-წუთიანი პროცედურის დროს.

ექსპერიმენტის დასრულებისთანავე მოხდა ცხოველების დეკაპიტაცია შინაგანი ორგანოების შესწავლის მიზნით.

კვლევის მიზანი იყო სასიკვდილო დოზის (LD₅₀) დადგენა და ასევე ორგანიზმში მიმდინარე უარყოფითი, ცალკეული სიმპტომების რეგისტრაცია.



20160114-112751



20160114-112814-001



20160114-113355-001



20160114-113355-002



20160114-113519-001



20160114-113519-002



20160114-113519-003

სურ. 6. ექსპერიმენტი მართვადი ლოკალური პიპერტერმის მეთოდის შესასწავლად უსაფრთხოებაზე საცდელი ჯგუფის ცხოველების საშიფლოსნოს ყელსა და სწორ ნაწლავში

კვლევის შეფასება

კვლევის შეფასება ხდებოდა ირვინის სკალის მიხედვით:

განწყობა-ემოციურობა (მოუსვენრობის გაღრმავება, აგრესიულობა); მოძრაობის უნარი; ცნს-ის აგზნება (შეერთობა, კულის გაშეშება, კანკალი, კრუნჩხვა); პოზა (პროსტრაცია, შებოჭილობა, კიდურების მდგომარეობა – მოხრილი, გაშლილი); მოტორული დისკორდინაცია (ბარბაცი, უჩვეულო სიარული, დგომის რეფლექსი); კუნთოვანი ტონუსი (ჩაჭიდულობის ძალა, ჩაზნექილი ზურგი, მუცლის დაჭიმულობა); რეფლექსები (ნიჟარის რქოვანას, იპსილატერული მოხრის რეფლექსი); ავტონომიური რეაქციები (გუბა, ქუთუთოები, ეგზოფოალიში, შარდვა, ნერწყვდენა, ცრემლდენა, კანის ფერი ნიჟარაზე); ციანოზი ან პიპერემის, გულისცემის და სუნთქვის სისშირე; მყისი ან დაყოვნებული სიკვდილი.

სხეულის მასის ნამატის კონტროლი ხორციელდება ცდის დაწყების დღეს და შემდგომ ყოველ მე-5 დღეს.

კვლევის შედეგები

დაკვირვება ხორციელდება პროცედურის დამთავრებიდან 10 წუთის, 1, 2, 4 საათის განმავლობაში და შემდეგ ყოველდღიურად, დღეში ერთხელ 14 დღის განმავლობაში.

ექსპერიმენტის ჩატარებისა და დაკვირვების მთელი პერიოდის განმავლობაში ინტეგრალური მაჩვენებლების ნორმიდან გადახრა არ დაფიქსირებულა.

დაკვირვების პერიოდში ყველა ცხოველი ჯანმრთელია, აქტიური. დაკვირვების პერიოდში საცდელი ცხოველების ორიენტირება გარემოში,

ყნოსვითი რეაქციები და მოძრაობის უნარი ნორმაშია. არ აღინიშნება მოუსვენრობა და აგრესიულობა, შენარჩუნებულია ნორმალური პოზა, მოტორული აქტიურობა, კუნთოვანი ტონუსი, რეფლექსები გარე გაღიზიანებაზე (ხმაური, სინათლე, შეხება, ტკივილი). ავტონომიური რეაქციები ნორმის ფარგლებშია, სუნთქვისა და გულისცემის სისშირე საწყის მაჩვენებლებს შეესაბამება. თვალთ შესამჩნევი გამოვლინებები არ აღინიშნება. თავგების სხეულის წონის ნამატი არ განსხვავდება საკონტროლო ჯგუფის მაჩვენებლებისაგან. თავგები ნორმალურად მოიხმარენ საკვებსა და წყალს. დაკვირვების 14 დღის განმავლობაში ცხოველების დაცემა რეგისტრირებული არ არის. თავგების კვდომის არარსებობის შედეგად შეუძლებელი გახდა LD₅₀-ის გათვლა.

დადგინდა, რომ ზემოთ აღნიშნული მეთოდის 100-ჯერ გაზრდილი ხანგრძლივობა ვირთავებში არ ავლენს არც ლეტალურ და არც მანვე ეფექტებს.

მაკროსკოპული გამოკვლევები

ვირთავებში ბეწვის საფარი სუფთაა და სწორი განლაგების, კიდურებისა და ყურების კანი ვარდისფერი და სუფთაა. დათვალიერებისას თმის ბუდობრივი ცვენის კერები არ იყო აღმოჩენილი. ბუნებრივი ხერხებიდან გამონადენი არ აღინიშნებათ. შინაგანი ორგანოები განლაგებულია სწორად. ქსოვილები სუფთა, ცხიმოვანი ქსოვილი საშუალოდაა განვითარებული. სეროზული გარსის ზედაპირი ნამიანი, კრიალა, გარსები გამჭვირვალეა. მიოკარდიუმი მკვრივი, პარკუჭების ღრუ ცარიელია, ენდოკარდიუმი სუფთა. ფილტვები ვარდისფერი, პაეროვანი (წყალში არ

იძირება), პარენქიმაში სისხლჩაქცევები არ აღინიშნება. განაკვეთზე სითხე ან სისხლი არ დაედინება. ღვიძლი და ელენთა გადიდებული არ არის. ზედაპირი სადაა, ნამიანი, კრიალა, განაკვეთზე ანაფხეკს არ იძლევა. თირკმლების კაფსულა ადვილად სცილდება, ორივე თირკმლის ზედაპირი სადაა, განაკვეთზე ქერქოვანი და ტვინოვანი ნივთიერება ადვილად გასარჩევია. შარდის ბუშტი სავსეა, შარდი გამჭვირვალე.

კვლევის შედეგები და დასკვნა

ამრიგად, ექსპერიმენტმა ცხადყო, რომ ზემოაღნიშნული მეთოდის გამოყენება ცხოველებისათვის უსაფრთხოა.

3. დასკვნა

ზონდზე წამოცმული გარსაცმი გამორიცხავს ცირკულირებადი სითხის შეხებას სამკურნალო ზედაპირთან და უზრუნველყოფს ტემპერატურის ინტენსიურ გადაცემას მიმდებარე ქსოვილებთან და შედეგად აქტიურ ჰიდროპიპერთემიულ მკურნალობას 42–44°C ინტერვალში, ექსპერიმენტული დროის განმავლობაში. ვირთავებზე ექსპერიმენტმა ცხადყო, რომ ზემოაღნიშნული მეთოდის გამოყენება მკურნალობის პროცესში და შემდგომ დაკვირვების პერიოდში ცხოველებისათვის უსაფრთხოა.

მადლიერება: ავტორი მადლიერებას გამოხატავს თბილისის კლინიკური ონკოლოგიის ინსტიტუტის ონკოლოგების, პროფესორების, ბატონების – გურამ მენთეშაშვილის და პაატა ხორავას მიმართ, საქმიანი და მაღალპროფესიულ დონეზე გაწეული თანადგომის, კონსულტაციებისა და რჩევებისათვის მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის მეთოდით კლინიკური აპარატის კონსტრუირების პროცესში. ასევე, აპარატის კონსტრუირების პროცესში გათვალისწინებულ იქნა სამედიცინო მაღალკვალიფიციური პერსონალის ფართო წრის რჩევები და კონსულტაციები.

ლიტერატურა

1. R. Cavaliere, E. C. Ciocatto, B. C. Giovanella, C. Heideberger, R. O. Johnson, M. Margottini, B. Mondovi, G. Moricca, and A. Rossi-Fanelli, "Selective Heat Sensitivity of Cancer Cells. Biochemical and Clinical Studies," *Cancer*, 20 1351–1381 (1967).
2. K. Overgaard and J. Overgaard, "Investigation on the Possibility of a Thermic Tumour Therapy. II. Action of Combined Heat-Roentgen Treatment on a Transplanted Mouse Mammary Carcinoma," *Eur. J. Cancer*, 8 573–575 (1972).
3. J. Overgaard, "Effect of Hyperthermia on Malignant Cells In Vivo. A Review and a Hypothesis," *Cancer*, 39 2637–2646 (1977).
4. M. J. Hyatt and D. E. Day, "Glass Properties of Yttria-Alumina-Silica System," *J. Am. Ceram. Soc.*, 70 283–287 (1987).

5. E. M. Erbe and D. E. Day, "Chemical Durability of Y2O3–Al2O3–SiO2 Glasses for the In Vivo Delivery of Beta Radiation," *J. Biomed. Mater. Res.*, 27 1301–1308 (1993).
6. D. E. Day and T. E. Day, "Radiotherapy Glasses," An Introduction to Bioceramics. eds. L. L. Hench and J. Wilson. World Science, Singapore, 305–317, 1993.
7. G. J. Ehrhardt and D. E. Day, "Therapeutic Use of 90Y Microspheres," *J. Nucl. Med.*, 14 233–242 (1987).
8. R. V. Mantravadi, D. G. Spigos, W. S. Tan, and E. L. Felix, "Intraarterial Yttrium 90 in the Treatment of Hepatic Malignancy," *Radiology*, 142 783–786 (1982).
9. M. J. Herba, F. F. Illescas, M. P. Thirlwell, G. J. Boos, L. Rosenthal, M. Atri, and P. M. Bret, "Hepatic Malignancies: Improved Treatment with Intraarterial Y-90," *Radiology*, 169 311–314 (1988).
10. A. A. Luderer, N. F. Borrelli, J. N. Panzarino, G. R. Mansfield, D. M. Hess, J. L. Brown, E. H. Barnett, and E. W. Hahn, "Glass-Ceramic-Mediated, Magnetic-Field-Induced Localized Hyperthermia—Response of a Murine Mammary-Carcinoma," *Radiat. Res.*, 94 190–198 (1983).
11. Y. Ebisaw, F. Miyaji, T. Kokubo, K. Ohura, and T. Nakamura, "Bioactivity of Ferrimagnetic Glass-Ceramics in the System FeO–Fe2O3–CaO–SiO2," *Biomaterials*, 18 1277–1284 (1997).
12. H. Konaka, F. Miyaji, and T. Kokubo, "Preparation and Magnetic Properties of Glass-Ceramics Containing a-Fe for Hyperthermia," *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 105 833–836 (1997).
13. M. Kawashita, H. Takaoka, T. Kokubo, T. Yao, S. Hamada, and T. Shinjo, "Preparation of Magnetite-Containing Glass-Ceramics in Controlled Atmosphere for Hyperthermia of Cancer," *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 109 39–44 (2001).
14. M. Kawashita, Y. Iwahashi, T. Kokubo, T. Yao, S. Hamada, and T. Shinjo, "Preparation of Glass-Ceramics Containing Ferrimagnetic Zinc-Iron Ferrite for the Hyperthermal Treatment of Cancer," *J. Ceram. Soc. Jpn.*, 112 373–379 (2004).
15. Masakazu Kawashita, *Ceramic Microspheres for Biomedical Applications Int. J. Appl. Ceram. Technol.*, 2 [3] 173–183 (2005).
16. Z. Kovziridze, G. Donadze, G. Mamniashvili, A. Akhalkatsi, D. Daraselia, D. Japharidze, O. Romelashvili, A. Shengelaia, C. Gavasheli, J.G. Heinrich. THE RECEIVING AND STUDY OF HEMATITE NANOPARTICLES FOR HYPERTHERMIA, 1st International Conference for Students and Young Scientists on Materials Processing Science, Tbilisi, Georgia 10-13 October 2010, *Journal of Georgian Ceramists Association "Ceramics" N2(23)*, 2010, 1(24), 2011, Tbilisi, p.37-46.
17. Z. Kovziridze, J. Heinrich, R. Goerke, G. Mamniashvili, Z. Chachkhiani, N. Mitskevich, G. Donadze. Production of superparamagnetic nanospheres for hyperthermic therapy of surface (skin) cancer diseases. 3rd

International congress on Ceramics, November 14-18, 2010, Osaka, Japan. [IOP Conference Series: Materials Science and Engineering](#), 2010.

18. Z.Kovziridze, J. Heinrich, R. Goerke, G. Mamniashvili, A. Akhalkatsi, Z. Chachkhiani, N. Mitskevich, G. Donadze. PRODUCTION OF BIONANOCERAMIC SUPERPARAMAGNETICS FOR CREATION OF CONTROLLED LOCAL HYPERTHERMIA AND THEIR USE, AS THERAPEUTIC AGENTS, FOR PURPOSEFUL TRANSPORTATION IN LIVING ORGANISMS IN SURFACE (SKIN) CANCER

TREATMENT. Journal of Georgian Ceramists Association "Ceramics" N 1(22), Tbilisi, 2010, p.43-51.

19. Z. Kovziridze, P. Khorava, N. Mitskevich. Controlled Local Hyperthermia and Magnetic Hyperthermia of Surface (Skin) Cancer Diseases. Journal of Cancer Therapy, 2013. 4. 1262-1271.
20. ზ. კოვზირიძე, გ. მენთემაშვილი, პ. ხორავა, ნ. ბლუაშვილი. მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმია სიმსივნური დაავადებების სამკურნალოდ. თბილისი: კერამიკა, 1(31) 2014. გვ. 16-28.

UDC 591.2

APPARATUS FOR THERAPY OF (PROCTOLOGIC) RECTUM CANCER AND CERVIX UTERI DISEASES BY LOCAL CONTROLLED HYPERTHERMIA AND STUDY OF SAFETY ON ALBINO RATS

Z. Kovziridze, N. Joglidze, N. Nizharadze, Kh. Bluashvili

Resume: Goal: Monotherapeutic effect of hyperthermia has been studied for therapy of rectum cancer and cervix uteri diseases. Method: Apparatus "Lezi" was used for further development of the local controlled hyperthermia method, on the base of experimental material. Apparatus was created at GTU Bionanoceramic and Nanocomposite Materials Science Center. Results: In all animal (3 month albino rats) inhibition of cancer disease was fixed and intratumor necrosis was developed. (Georgian National Center of Intellectual Property, "GeorgianPatent". Certificate of deposition: 5054. "Local controlled hyperthermia and magnetic hyperthermia for cancer diseases therapy"). Conclusion: It was proved that after 7-10 sessions cancer was ulcerated, which refers to positive effect of experiments. (Conclusion (Pathology-anatomy Laboratory "PathGeo", examination # 3119-12, histo-pathological examination # 15272-13. Date of issue of diagnosis: 14.01.2014, Tbilisi, Georgia)

Experiments for safety proved that application of the above referred method in the process of therapy is safe for animals.

Key words: local controlled hyperthermia; necrosis, ulceration; metastasis, experiment; safety/harmlessness, therapy.

УДК 591.2

АППАРАТ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ РАКА ПРЯМОЙ КИШКИ (ПРОКТОЛОГИЧЕСКОЙ) И ШЕЙКИ МАТКИ МЕТОДОМ УПРАВЛЯЕМОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ И ИЗУЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА БЕЛЫХ МЫШАХ

Ковзиридзе З.Д., Джоглидзе Н.Ш., Нижарадзе Н.С., Блуашвили Х.Т.

Резюме: Изучен монотерапевтический эффект лечения рака шейки матки методом управляемой локальной гипертермии, опираясь на экспериментальный материал. Для этого было использовано устройство «Лези», которое создано в Центре материаловедения нанокерамики и нанокompозитов. Эксперимент, проводимый на белых мышках (трехмесячных альбиносах) зафиксировал приостановку болезни и развитие интратуморального некроза (изученный метод запатентован Центром национальной интеллектуальной собственности - сакпатентом 5054).

Через 7 сеансов лечения опухоль изъязвилась, что говорит о положительном результате лечения.

(Было подтверждено патолого-анатомической лабораторией «Патжео» №3119-12 и чистопатологическим исследованием №15272-13 от 14.01.2014 г. в г. Тбилиси, Грузия).

Подтверждена безопасность лечения животных вышеупомянутым методом.

Ключевые слова: управляемая локальная гипертермия; некроз; изъязвление; метастазы; эксперимент; безопасность; лечение.

სილიკომანგანუმის გამოდნობის პროცესის გამოკვლევა კაზმში ტუფების გამოყენებით

ზ. სიმონგულაშვილი, გ. ქურდაძე

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: z.simongulashvili@yahoo.com

რეზიუმე: მიზანი: სილიკომანგანუმის გამოდნობის პროცესის ინტენსიფიკაციის მიზნით, გამოკვლეულია ტრადიციულად გამოყენებული ძვირადღირებული საკაზმე მასალების (კვარციტი, კირქვა, დოლომიტი) შეცვლა, კაჟმიწის, თიხამიწისა და ტუტე ლითონების ოქსიდების შემცველი შედარებით იაფი კომპლექსური ნედლეულით – ტუფის ღორლით, რომელიც სამშენებლო წარმოების ნარჩენია და ჯერჯერობით სათანადოდ არ გამოიყენება. **მეთოდი:** შესწავლილ იქნა სხვადასხვა გენეზისის ტუფების ქიმიური, ფიზიკურ-მექანიკური, მინერალოგიური და მეტალურგიული თვისებები. **შედეგები:** ჩატარებული სამრეწველო გამოკვლევების საფუძველზე შემუშავებული, ათვისებული და დანერგილია, კვარციტების და კირქვის ნაცვლად, ტუფების გამოყენება სილიკომანგანუმის წარმოებაში. **დასკვნა:** დადგენილია, რომ ტუტე ლითონების ალუმინსილიკატები ხელს უწყობს სილიკომანგანუმის წიდეების გათხვევადებას, აუმჯობესებს ძირითადი ელემენტების – მანგანუმისა და სილიციუმის სასარგებლო გამოყენების ხარისხს, რაც საბოლოო ჯამში მნიშვნელოვნად ზრდის წარმოების ძირითად ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს.

საკვანძო სიტყვები: სილიკომანგანუმი; კაზმი; მანგანუმი; სილიციუმი; ტუფი; კვარციტი; ალდგენა; ლითონი; წიდა.

1. შესავალი

მძლავრ და საშუალო სიმძლავრის ელექტროდუმლებში სასაქონლო სილიკომანგანუმის გამოდნობის პროცესის ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზი და წარმოების გამოცდილება მოწმობს იმაზე, რომ ჯერ კიდევ დიდია დუმლების წარმადობის გაზრდის, შენადნობის ხარისხის გაუმჯობესების და წარმოების ეფექტურობის ამაღლების რეზერვი.

სილიკომანგანუმის გამოდნობის პროცესის ინტენსიფიკაციის ერთ-ერთი მიმართულება ტრადიციულად გამოყენებული საკაზმე მასალების (კირქვა, დოლომიტი, კვარციტი) შეცვლაა კაჟმიწის, თიხამიწისა და ტუტე ლითონების ოქსიდების შემცველი კომპლექსური ნედლეულით. ასეთ ნედლეულს განეკუთვნება ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული სხვადასხვა გენეზისის ტუფები,

პეგმატიტები, გრანიტები, სიენიტები, პერლიტები და სხვა. ეს ქანები ფიზიკური თვისებებით აკმაყოფილებს ელექტროდუმლებში ფეროშენადნობების გამოსადნობად გამოყენებულ საკაზმე მასალებზე წაყენებულ მოთხოვნებს.

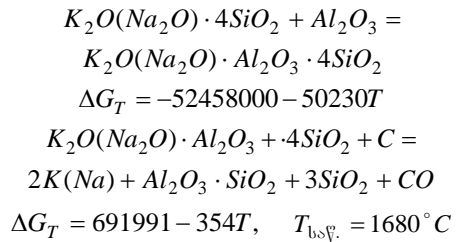
გამოკვლეულია, როგორ მოქმედებს კაზმში სილიკომანგანუმის გამოდნობის პროცესის ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე კირქვისა და კვარციტის ტუფით შეცვლა.

2. ძირითადი ნაწილი

ცნობილია, რომ სხვადასხვა კაზმში ტუტე ლითონების ოქსიდებისა და მარილების დამატება მნიშვნელოვნად აჩქარებს ლითონების ნახშირბადით აღდგენის პროცესს მათი ოქსიდებიდან.

სილიკომანგანუმისა და ლითონური მანგანუმის გამოსადნობ კაზმებში პეგმატიტის წარმატებით გამოყენების მაგალითმა აჩვენა, რომ მიზანშეწონილია გაგრძელდეს კვლევები სხვა უფრო პერსპექტიული, ხელმისაწვდომი და არაღვეციტური ბუნებრივი მინერალების მოძიებისა, რომლებიც ტუტე ოქსიდებს შეიცავს [1, 2].

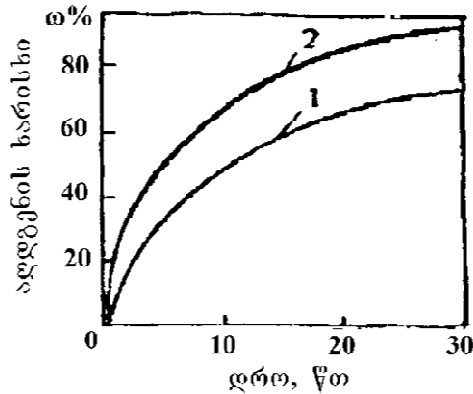
მაღანაღმდგენ დუმლებში ტუტეების ქცევის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ისინი, თიხამიწის თანაარსებობის პირობებში, ძირითადად გადადის წიდაში და ამიტომ მათი აღდგენა, აირად ფაზაში გადასვლა და რეგენერაცია გაძნელებულია. ეს იმით აიხსნება, რომ ტუტე ლითონების სილიკატებს უნარი აქვს თიხამიწასთან წარმოქმნას ტუტე ალუმინსილიკატები, საიდანაც ტუტეების აღდგენა მოითხოვს შედარებით მაღალ ტემპერატურებს, რაც მათი წიდაში გადასვლის ძირითადი წინაპირობაა [1-3]:



ტუტეშემცველი მასალების ეს თვისება მეტად მნიშვნელოვანია მანგანუმიანი ფეროშენადნობების გამოდნობისათვის გამოყენებული საკაზმე მასალების შერჩევის თვალსაზრისით, რადგან

ამ პირობებში ტუტე ლითონების გადასვლა აირად ფაზაში მინიმალური იქნება. ასეთ მინერალებს განეკუთვნება სხვადასხვა ტუფი, რომლებიც როგორც პეგმატიტები ვულკანური წარმოშობის მთის ქანებია. ხდება მათი ფართო გამოყენება და ძირითადად სამშენებლო წარმოებაში გამოყენება. მათი ნარჩენების 10–70 მმ ფრაქციის (ტუფის ღორღი), რომლის ღირებულება 6–8-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე პეგმატიტის და 3–4-ჯერ ნაკლები, ვიდრე კვარციტის, გამოყენება ჯერჯერობით ვერ ხდება.

ტუფის მნიშვნელოვანი მახასიათებელია მასში კაჟმიწისა და ტუტე ლითონების ოქსიდების თანაარსებობა, რაც, როგორც ცნობილია, ხელს უწყობს სილიკატური ნაღებების სიბლანტის შემცირებას [4] და მანგანუმისა და სილიციუმის ადღენის პროცესების ინტენსიფიკაციას (ნახ. 1).



ნახ. 1. სილიკომანგანუმის მისაღები კაჟმების ადღენის კინეტიკური მრუდები 1600°C
1 – კვარციტის და კირქვის გამოყენებით;
2 – ტუფის გამოყენებით

ტუფები, თავისი ქიმიური შედგენილობით, განეკუთვნება მჟავე მინერალებს, რომლებიც შეიცავს, %: 68–76SiO₂; 7–10(Na₂O + K₂O);

13–17Al₂O₃; 1–4Fe₂O₃; 2–5CaO [5]. მათი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები მერყეობს შემდეგ ფარგლებში:

- სვედრითი მასა (სიმკვრივე) – 2500–3500 კგ/მ³;
- მოცულობითი მასა – 1000–1800 კგ/მ³;
- ფორიანობა – 30–60%;
- წყლის შთანთქმის უნარი – 20–40%;
- თბოგამტარობის კოეფიციენტი – 0,35–0,45 ჯ/კგ.სთ.გრად;
- დნობის ტემპერატურა – 1200–1450 °C .

საცდელი-სამრეწველო დნობები 5 მვა სიმძლავრის მადანადმდგენ ელექტროღუმელში ოთხ ვარიანტად ჩატარდა.

დნობების თითოეული ვარიანტის ხანგრძლივობა იყო 30 დღე-ღამე. სილიკომანგანუმის გამოდნობა ხდებოდა უწყვეტი პროცესით, დნობის პროდუქტების პერიოდული (2სთ) გამოშვებით. აღნიშნულ ღუმელს აქვს წაჭრილი კონუსისმაგვარი თალი, რომელშიდაც განთავსებულია ღუმლის საკაზმის მომსახურებისათვის განკუთვნილი სამი ფანჯარა და აღჭურვილია სამი 400 მმ დიამეტრის გრაფიტის ელექტროდებით. დნობის ელექტრული რეჟიმი შემდეგია: ძაბვა ელექტროდებზე – 110ვ, დენის ძალა – 19–21 კა. დნობის პროცესი ხასიათდება მდგრადი ელექტრული დატვირთვით, კაზმში ელექტროდების ღრმა მდებარეობით და აირების თანაბარი გამოყოფით კაზმის მთელი ზედაპირიდან. დნობის პროდუქტების გამოშვება ხდება ცეცხლგამძლე აგურით (შამოტი) ამოგებულ ციცხეში, საიდანაც ზედმეტი წიდა გადადის დახრილ ღარში და მიედინება საგრანულაციო ორმოში. სილიკომანგანუმის ექსპერიმენტული დნობებისათვის გამოყენებული საკაზმე მასალების ქიმიური შედგენილობა და ვარიანტების მიხედვით დნობების ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლები მოყვანილია ცხრილებში (1, 2).

ცხრილი 1

საკაზმე მასალების ქიმიური შედგენილობა, %

მასალები	Mn	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	P	H ₂ O
მანგანუმის კონცენტრატი	44,3	14,0	3,8	2,0	2,47	1,2	0,6	1,8	0,19	12,0
კოქსის ნაცარი	0,8	35,3	3,9	1,2	2,7	1,8	1,0	28,9	0,11	14,3
კვარციტი	–	96,0	0,3	0,4	1,1	–	–	1,4	–	–
კირქვა	–	0,4	53,6	0,67	0,17	–	–	0,5	–	–
ტუფი	–	75,0	2,85	1,5	15,0	4,8	4,2	1,1	0,011	–

სამრეწველო დნობის ძირითადი მაჩვენებლები

მაჩვენებლები ვარიანტი	I	II	III	IV
ხვედრითი ხარჯი, კგ/ტ				
- მანგანუმის კონცენტრატი	2250	2200	2150	2100
- კვარციტი	606	415	231	—
- კოქსწვრილა	530	515	494	480
- კირქვა	98,3	—	—	—
- ტუფი	—	226	445	690
ელ. ენერგიის ხარჯი, კვტ.სთ/ტ	4350	4217	4152	4048
ლითონის ქიმ. შედგენილობა, %				
<i>Mn</i>	74,2	74,2	74,1	73,8
<i>Si</i>	17,0	17,30	17,81	18,20
<i>P</i>	0,36	0,37	0,36	0,37
შენადნობში გადადის, %				
<i>Mn</i>	74,5	76,1	77,8	79,3
<i>Si</i>	40,58	42,30	44,45	46,60
წილის ქიმ. შედგენილობა, %				
<i>MnO</i>	18,6	18,0	17,5	16,3
<i>SiO₂</i>	48,3	46,2	44,3	42,4
<i>CaO</i>	14,8	12,4	12,0	12,1
<i>MgO</i>	5,2	4,6	4,6	5,1
<i>Al₂O₃</i>	7,0	8,45	10,0	10,9
<i>Na₂O + K₂O</i>	4,95	5,9	6,8	7,3
წილის ჯერადობა	1,15	1,08	1,00	0,95
წილაში ოქსიდების ფარდობა				
$(CaO + MgO) / SiO_2$	0,414	0,368	0,419	0,453
$(Na_2O + K_2O) / SiO_2$	0,102	0,128	0,153	0,172
$(Na_2O + K_2O) / Al_2O_3$	0,707	0,692	0,680	0,670

დნობების I ვარიანტში სილიკომანგანუმის გამოდნობა ხდებოდა ჩვეულებრივი, საქარხნო კაზმის გამოყენებით. დნობების II, III და IV ვარიანტებში კირქვა კაზმიდან მთლიანად ამოიღეს და კვარციტი ტუფით შეცვალეს, კვარციტის წონითი რაოდენობის 30, 60 და 100%-ის შესაბამისად.

საცდელი დნობების შედეგები გვიჩვენებს, რომ კაზმში ტუფის რაოდენობის გაზრდით მანგანუმის და სილიციუმის ამოკრეფა შენადნოში მატულობს და მაქსიმალურ მნიშვნელობებს აღწევს, როდესაც კაზმიდან ამოღებული კვარციტი და კირქვა 100%-ით შეიცვალა ტუფით. ამავე დროს, წილაში $(Na_2O + K_2O) / SiO_2$ ფარდობა (წილის ტუტე მოდული – $M_{წილ.}$) 0,102-დან 0,172-მდე თანდათან იზრდება, ჩვეულებრივ კაზმთან შედარებით.

ამ ფარდობაზე დამოკიდებულებით იცვლება შენადნოში მანგანუმისა და სილიციუმის ამოკ-

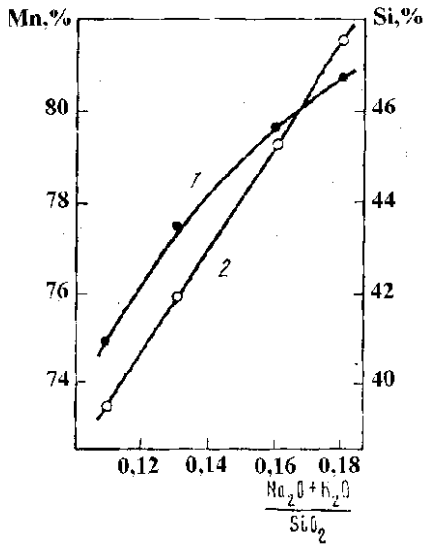
რეფა (ნახ. 2) და მათი წილაში გადასვლის ხარისხი (ნახ. 3).

$M_{წილ.}$ გაზრდით სილიციუმის ამოკრეფა შენადნოში იზრდება გამოკვლეული წილების მთელ ინტერვალში. მანგანუმის ამოკრეფა ლითონში შესამჩნევად იზრდება $M_{წილ.} = 0,16$ მნიშვნელობამდე, ხოლო შემდეგ უმნიშვნელოდ მატულობს. მანგანუმის ასეთი ქცევა აიხსნება იმით, რომ ტუფით, კაზმში სილიციუმისა და ტუტე ლითონების ოქსიდების გარდა, შეგვყავს მნიშვნელოვანი რაოდენობის თიხამიწა Al_2O_3 , რომელსაც შეუძლია მანგანუმთან შექმნას უფრო მტკიცე ნაერთები, ვიდრე კაჟმიწასთან SiO_2 . ამ დროს მანგანუმის მონოოქსიდის აქტიურობა ნაღვლობში მცირდება და, შესაბამისად, იკლებს მანგანუმის აღდგენის ხარისხი.

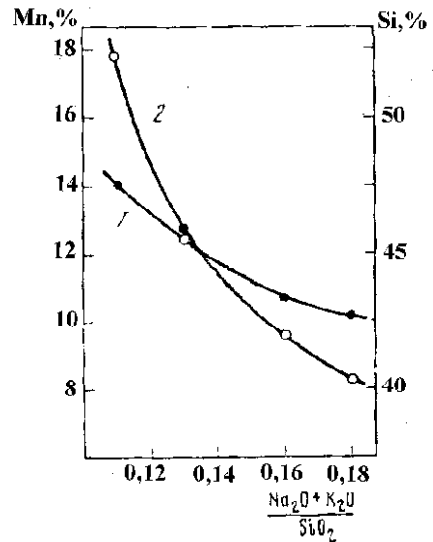
შესაბამისად, სილიკომანგანუმის დნობა კაზმში ტუფის შეყვანით უნდა შეფასდეს არა გამოყენებული ტუფის რაოდენობით, არამედ წი-

დაში კაუმიწის, თიხამიწის, ტუტე ლითონების ოქსიდების შემცველობით და მათი ფარდობით, რაც კარგად დასტურდება წილის ჯერადობისა და დახარჯული ელექტროენერგიის ხვედრითი ხარჯის დამოკიდებულებით წილის ტუტე მოდულთან (ნახ. 4). ასე, მაგალითად, სილიკომანგანუმის დნობის საუკეთესო ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები, საცდელი დნობების მოცემულ პირობებში, მიიღწევა მაშინ, როდესაც წილა

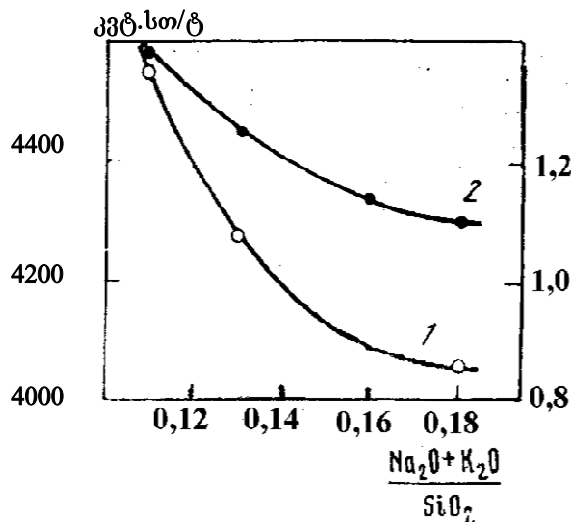
შეიცავს 10–12% Al_2O_3 , 6–7% $(Na_2O + K_2O)$ და $M_{წილ.} = 0,16 - 0,18$. მიუხედავად იმისა, რომ წილის ტუტე მოდულის შემდგომი გაზრდა ხელს უწყობს სილიციუმის ლითონში ამოკრეფის მატებას, ამ დროს უმნიშვნელოდ იზრდება მანგანუმის სასარგებლო გამოყენება და წილის ჯერადობისა და ელექტროენერგიის ხვედრითი ხარჯის შემცირება.



ნახ. 2. მანგანუმის (1) და სილიციუმის (2) ამოკრეფის დამოკიდებულება წილის ტუტე მოდულთან



ნახ. 3. მანგანუმის (1) და სილიციუმის (2) წილაში გადასვლის ხარისხის დამოკიდებულება ტუტე მოდულთან



ნახ. 4. ელექტროენერგიის ხვედრითი ხარჯის (1) და წილის ჯერადობის (2) დამოკიდებულება წილის ტუტე მოდულთან

3. დასკვნა

ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ტუტე ლითონების ოქსიდების თიხამიწასთან თანაარსებობის პირობებში წარმოიქმნება ტუტე ალუმინსილიკატები, რომლებიც სილიკომანგანუმის დნობისას მუავე წიდური ნაღვლებიდან მნიშვნელოვნად აჩქარებს მანგანუმის და სილიციუმის აღდგენის პროცესს და აუმჯობესებს დნობის ტექნიკურ-ეკონომიკურ მაჩვენებლებს, რაც დადასტურდა ჩატარებული სამრეწველო გამოკვლევების შედეგად. ასე, მაგალითად, ღუმლის წარმადობა გაიზარდა 7%-ით, მანგანუმისა და სილიციუმის სასარგებლო გამოყენება კი – 4–5 და 5–6%-ით, შესაბამისად. შემცირდა დახარჯული ელექტროენერჯის ხვედრითი ხარჯი 6–7%, თვითღირებულება კი 30–40 ამერიკული დოლარით ერთ ტონა შენადნოზე.

ლიტერატურა

1. Гасик М.И., Кучер А.Г., Ткач Г.Д. и др. Исследование процесса выплавки силикомарганца с использованием в шихту пегматита // Материалы III республиканской научно-техн. конф. “Совершенствование технологии производства марганцевых сплавов”. Тбилиси, 1978, с. 145-153.
2. Гасик М.И., Садовский М.Г., Бойцов Л.И. и др. Результаты промышленного опробования гранитов при производстве металлического марганца // Материалы II всесоюзного совещания. “Металлургия марганца”. Тбилиси, 1977, с. 147-149.
3. Казаков И.Н., Ткач Г.Д., Гасик М.И., Кучер А.Г. Использование пегматита в шихту при выплавке силикомарганца. Бюл. СНИИТЭМ ЧМ, 1979, №16, с. 37-38.
4. Симонгулашвили З.А., Камкина Л.Г. Кинетика восстановления силикомарганцевых шихт // Марганец. Тбилиси, 1989, с. 26-28.
5. Ацагорциян З.А., Мартиросян О.А. Туфы и мраморы Армении. – Ереван: Армгосиздат, 1977, с. 80-85.

UDC 669.168:553.3

LEARNING THE SILICO-MANGANESE SMELTING PROCESS BY USING TUFF IN FURNACE

Z. Simongulashvili, G. Qurdadze

Resume: On the basis of the executed researches it has been developed, mastered and introduced the resource-saving technology of production wastes (tuff) instead of quartzite that allows to increase usage of manganese and silicon, to improve technical and economic process indicators and to reduce prime cost of silicon manganese by 5-6%.

Key words: silicon manganese; furnace charge; manganese; silicium; reduction; metal; slag; tuff.

УДК 669.168:553.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫПЛАВКИ СИЛИКОМАРГАНЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В ШИХТЕ ТУФА

Симонгулашвили З.А., Курдадзе Г.У.

Резюме: На основе выполненных исследований разработана, освоена и внедрена ресурсосберегающая технология утилизации ранее не применяемых отходов производства (туфа) взамен кварцита и известняка, позволяющая повысить использование марганца и кремния, улучшить технико-экономические показатели процесса и на 5-6% снизить себестоимость силикомарганца.

Ключевые слова: силикомарганец; шихта; марганец; силиций; туф; кварцит; восстановление; металл; шлак.

შპს 800.029

ნატრიუმის ქლორიდის გამოყენებით დაბალფოსფორიანი მანგანუმის კონცენტრატის მიღება

ზ. სიმონიშვილი, ა. გოგიბერიძე, დ. ჩიკაშუა, ვ. ქინქლაძე

ქიმიური და ბიოლოგიური ტექნოლოგიების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0175, თბილისი, კოსტავას 69

E-mail: zviad_simonishvili@yahoo.com

რეზიუმე: სამუშაოს მიზანია ღარიბი მანგანუმის მადნისაგან დაბალფოსფორიანი კონცენტრატის მიღება, რომელიც გამოდგება მეტალურგიულ მრეწველობაში. მეთოდი ითვალისწინებს ძვირად ღირებული მადეფოსფირებელი რეაგენტების ნაცვლად ბუნებრივი, იაფი ნატრიუმის ქლორიდის გამოყენებას.

შედეგები: ჩვენ მიერ ჩატარებული ცდებით მიღებული დაბალფოსფორიანი მანგანუმის კონცენტრატი გამოდგება სტანდარტული მეტალის მისაღებად.

საკვანძო სიტყვები: ნატრიუმის ქლორიდი; მანგანუმის მადანი; კოქსი.

1. შესავალი

დამუშავებულია მცირეფოსფორიანი მანგანუმის კონცენტრატის მიღების მეთოდი. დეფოსფორირებისათვის გამოყენებულია ბუნებრივი, იაფი ნედლეული ნატრიუმის ქლორიდი. მიღებული მანგანუმის კონცენტრატი შესაძლებელია გამოვიყენოთ სტანდარტული ფერომანგანუმის შენადნობის მისაღებად.

საქართველოში მაღალი ხარისხის მანგანუმის მადნების გამოლექვის გამო, საწარმოო და ეკონომიკური თვალსაზრისით, უადრესად აქტუალურია მანგანუმის ღარიბი მადნების გამოყენების საკითხი. ასეთ მადნებს მიეკუთვნება შნატეფორებიანი მადანი, რომელიც მთელი მარაგის 14% შეადგენს, მიეკუთვნება განსაკუთრებულ ძნელად გასამდიდრებელ მადნებს [1-2]. მანგანუმის მადნების დეფოსფორირება უმნიშვნელოვანესი საკითხია, რადგან ფოსფორი ყველაზე მავნე მინარევეია მადანში. ამრიგად, მადნის წინასწარი დეფორმირება აუცილებელია ხარისხიანი ფეროშენადნობის მისაღებად. ლიტერატურაში ცნობილია მანგანუმის მადნის დეფოსფორირების მეთოდები, რომელთაგან ზოგი ძნელად განსახორციელებელია, ხოლო ზოგი ითვალისწინებს ძვირად ღირებული რეაგენტების გამოყენებას [1-4].

2. ძირითადი ნაწილი

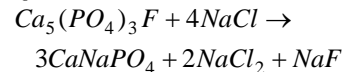
ამ ნაკლოვანების თავიდან ასაცილებლად მანგანუმის მადნის დეფოსფორირებისათვის გამოვიყენეთ ნატრიუმის ქლორიდი, რაც შემდეგი მოსაზრებითაა განპირობებული:

1. გამოიყენება ბუნებრივი იაფი რეაგენტი – ნატრიუმის ქლორიდი;

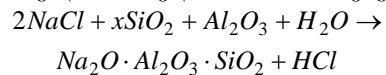
2. ტექნოლოგიური პროცესი შედარებით ადვილად განსახორციელებელია;

3. პროცესის შედეგად შეიძლება მივიღოთ ქლორწყალბადი, რომლის უტილიზაციის შემთხვევაში საშუალება გვქვია მივიღოთ მარილები და მანგანუმის კონცენტრატი.

ჩვენ მიერ დამუშავებულ იქნა ღარიბი მადნების დეფოსფორირების მეთოდი ნატრიუმის ქლორიდის გამოყენებით (ნახ.1). მოცემულია მანგანუმის მადნის გამდიდრების პრინციპული ტექნოლოგიური სქემა ფოსფორის მოცილების მიზნით. მანგანუმის მადანს ვფქვავედით და ვურევდით ნატრიუმის ქლორიდს: კაზში რეაგენტის (ნატრიუმის ქლორიდის) ფართობი მანგანუმის მადანთან $0,1 \div 0,8$ ფარგლებში იცვლება. შემდეგ კაზმს ვახურებდით 1200°C -ზე $45 \div 60$ წთ-ის განმავლობაში. დაჟანგული მანგანუმის მადანში ფოსფორი რამდენიმე ფორმით შედის, ჩვენ მიერ შესწავლილ მადანში ფოსფორი აპატიტის სახითაა [5]. ფოსფატებთან ნატრიუმის ქლორიდის შეცხობის პროცესი შემდეგი რეაქციის მიხედვით მიმდინარეობს:

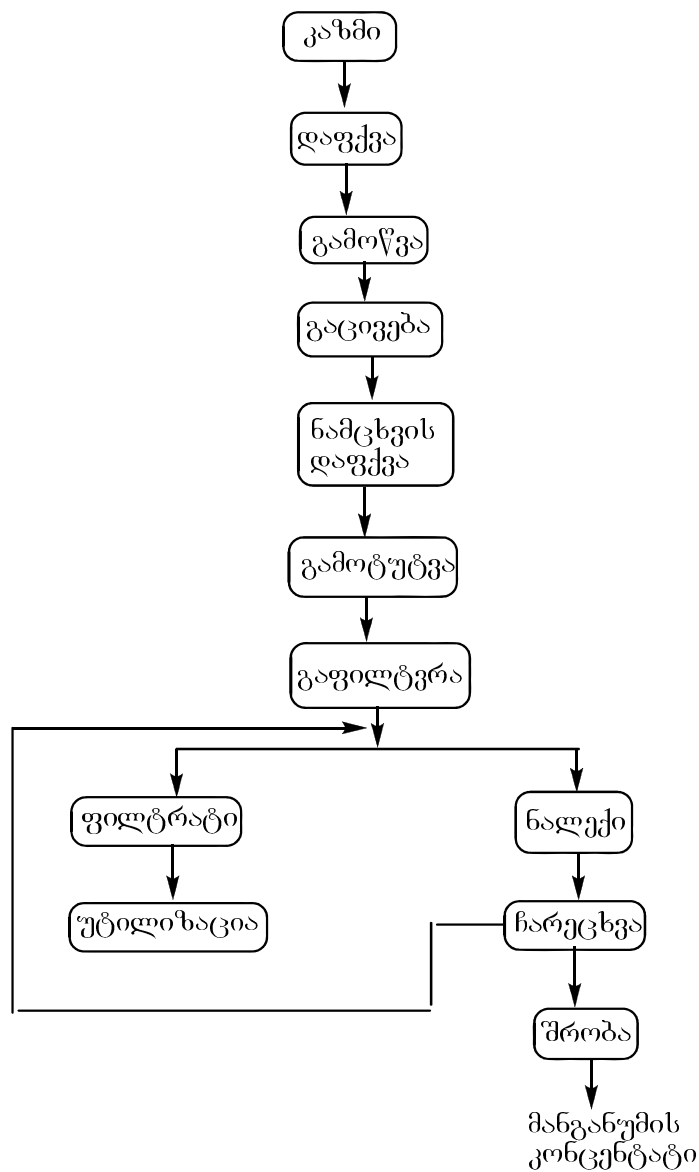


ამ პროცესის შედეგად მიიღება ლიმონხსნადი ფოსფატი რენატიტი, რომელიც მიღებული ნამცხვის დაფქვისა და წყალში შემდგომი გამოტუტვისას გადადის ხსნარში. რადგან მადანი დიდი რაოდენობით კაუმიწას შეიცავს, ჭარბი ნატრიუმის ქლორი შედის მასთან რეაქციაში [7]:



გახურების შედეგად მიღებულ ნამცხვს ვაცივებდით ჰაერზე, ვფქვავედით და გამოხდილ წყალში $80 \div 85^{\circ}\text{C}$ 60 წუთის განმავლობაში გამოვტუტავდით. მყარი და თხევადი ფაზების თანაფარდობაა 1:5. პულპის გაფილტვრის შემდეგ ნალექს ვაშრობდით ჰაერზე ან ჰაერის საშრობ საკანში და ვიღებდით დაბალფოსფორიან მანგანუმის კონცენტრატს, ფილტრატში გადადიოდა ნატრიუმის ფოსფატები და სხვა მარილები, რომელთა უტილიზაცია შესაძლებელია კირით დამუშავებისას. ფოსფორის ამოღების ხარისხი 55–56% შეადგენდა.

**მანგანუმის ღარიბი მადნის
ქიმიური გამდიდრების პრინციპული ტექნოლოგიური სქემა.
მანგანუმის მადანი, ნატრიუმის ქლორი, კოქსი**



შემდგომმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ კაზმში აღმდგენლის დამატება, კოქსის სახით ზრდის ფოსფორის ამოღების ხარისხს 69–70%-მდე.

კაზმის გახურება 1000°C-ზე წყლის ორთქლის თანაობისას როგორც აღმდგენელთან ერთად, ასევე მის გარეშე, იძლევა ფოსფორის ამოღების ხარისხს 69–70%, ე.ი. ისეთივეს, რაც იყო 1200°C ტემპურტურაზე გამოწვისას ორთქლის გარეშე.

რირების ოპტიმალური პირობები: გამოწვის ტემპურატურა – 1200°C, წყლის ორთქლის თანაობისას 1000°C; კაზმის გამოწვის ხანგრძლივობა 45–60 წთ; გამოტუტვის ტემპურატურა – 80±85°C; გამოტუტვის ხანგრძლივობა – 60–90 წთ; ფოსფორის ამოღების ხარისხი – 69–70%. ასეთი სახის ფოსფორისაგან გაწმენდილი მანგანუმის კონცენტრატი ვარგისია მეტალურგიული წარმოებისათვის.

3. დასკვნა

ექსპერიმენტების მსვლელობისას დადგინდა მხატეფორებიანი მანგანუმის მადნის დეფოსფო-

ლიტერატურა

1. ა. ავალიანი. საქართველოს წიაღისეულის ქიმიური გადამუშავების გზები. თბილისი: მეცნიერება, 1974, გვ. 43–77.

2. Брыляков Ю.В., Горшенов А.Ш., Лыгач В.И. Современное состояние, направления развития технологии переработки фосфорсодержащих руд // Горный журнал, 2007(2), с. 170-181.
 3. Сутырин Ю.Е., Литвинцев Э.Г. Технология обогащения бедных марганцевых руд // Обогащение руд. 200(3).
 4. Легашова В.И., Майсторенко В.Н., Казакова Е.В. Обогащение карбонатных марганцевых руд // Башкирский химический журнал 2012, т.19, №4, с. 44-47.
 5. Фомин Я.И. Распределение фосфора окисленной марганцевой руды Чиатурского месторождения // «Марганец», 1(42)-2(43), Тбилиси, 1975, с. 71-81.
 6. Позин М.Е. Технология минеральных солей. Часть II, Химия, 1970, с. 1054-1056.
 7. Вольфович С.И., Роговин З.И., Руденко Ю.Н. Общая химическая технология. М.: Химия, 1959. - с. 92.
-

UDC 800.029

PREPARATION OF LOW-PHOSPHOROUS MANGANESE CONCENTRATE USING SODIUM CHLORIDE

Z. Simonishvili, A. Gogiberidze, D. Chikashua, V. Qinqladze

Resume: Developed a method for making low-phosphorous manganese concentrate. For dephosphotization is used naturaе cheap raw material Sodium chloride. Obtained manganese concentrate can be used to make standard ferromanganese alloys.

Key words: Manganese; Sodium chloride; cox.

УДК 800.029

ПОЛУЧЕНИЕ НИЗКОФОСФОРИСТОГО МАРГАНЦЕВОГО КОНЦЕНТРАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ХЛОРИДА НАТРИЯ

Симонишвили З.З., Гогиберидзе А.В., Чикашуа Д.С., Кинккладзе В.Л.

Резюме: Разработан метод получения малофосфористого марганцевого концентрата. Для дефосфорации применяется природный дешевый материал - хлористый натрий. Полученный марганцевый концентрат может быть применен для получения стандартного сплава ферромарганца.

Ключевые слова: хлорид натрия; марганцевая руда; кокс.

UDC 666.952

STUDY OF ALLUVIUM SHALES (FALLING ROCKS OF CAUCASIAN RIDGE, GENERATED AS A RESULT OF SILL-MUDFLOWS), AS A POZZOLANIC ADDITIVE FOR CEMENT

E. Shapakidze*, R. Skhvitaridze**, I. Gejadze*, V. Maisuradze*, M. Nadirashvili*, E. Khuchua*

* Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Caucasian Alexander Tvalchrelidze Institute of Mineral Resources (CIMR), 11, Mindeli st., Tbilisi, 0186, Georgia

** Georgian Technical University, Research Centre "NanoDugabi", 77, Kostava st, Tbilisi, 0175, Georgia
E-mail: ellennelia@gmail.com

Resume: Possibility of application of alluvium shales (falling rocks of Caucasian ridge, generated as a result of sill-mudflows), as a pozzolanic additive for cement has been studied. For this purpose shales were studied by methods of chemical, petrographic and differential-thermal analyses, which showed the tendency of phase transformations on heating shales at temperature range 20-1000 °C.

Shales were burned at temperatures 600, 800 and 1250 °C at 60 min. exposures at maximal temperature. Physical-mechanical examinations showed that the cement with additives of 10 - 35 mass percent of shales, burned at temperature 800°C, had the best strength.

Key words: pozzolanic additive for cement; alluvium shale; sill-mudflow; ecological balance.

1. INTRODUCTION

Up to now portland cement is the most widespread and popular construction material in spite of the fact that not a few novelties have been invented in the last decades [1]. Concrete products and reinforced concrete constructions on the base of Portland cement are the basis of the modern construction.

Reliability and durability of concrete and reinforced concrete constructions, sturdiness to the influence of aggressive environments, relatively simple technology of production, opportunity of regulating main technical-operational and physical-mechanical characteristics and finally practically inexhaustible raw material base for production of binding agents and fillers – all of this explains widespread occurrence of concrete and makes it possible to consider it as a main component of the capital construction not only of the present but also of the future.

However despite many remarkable qualities and accessibility of raw components, a global problem is that, concrete belongs to energy- and material-consuming

construction materials. In addition the most expensive component of concrete is cement, more precisely its basis – clinker.

Application of pozzolanic additives in cement and concrete is an effective method of lowering the consumption of clinker part of cement. Introduction of different kinds of additives in cement is carried out for the purpose of improvement of construction-technical properties of cements, reduction of expenditure fuel-raw resources on their production, giving cements some specific properties, such as sulfate resistance, water resistance, service durability, etc.

However lack of high-quality local materials, expensiveness of imported additives (because of high transportation expenses) have the most negative influence on the quality and production costs of cement and concrete.

High rates of construction in Georgia, as well as in border republics (Azerbaijan, Armenia, Turkey) increment year after year are increasing demands on quantity and quality of the produced cement. For the last 25 years cement industry of Georgia has been experiencing sharp deficit of pozzolanic additives of standard composition. It causes the necessity of importing them from abroad and the increase of production cost of the product and decrease of the growth of cement industry. Otherwise there is observed a backward process – poor-quality local materials having no pozzolanic properties are applied, which are lowering the activity and quality of cements and concretes.

For solving this problem scientific surveys have been made by CIMR for the last 10 years for the purpose and usage of acidic volcanic rock formations of Georgia as a pozzolanic additive for cement.

In the process of investigations there were discovered volcanic rocks with distinguished high reactive capacity to calcium hydroxide. Such are acidic tuffs with high content of volcanic glass, i.e. welded tuffs (ignimbrites), vitric tuffs and volcanic ashes [2].

Researches confirmed that addition of the studied volcanic rocks while grinding cement in the amount of 10 - 35 % favors economy of expensive clinker without lowering its grade strength and hardening to aggressive environment (sulfate resistance).

Recently in connection with the transference of cement productions of Georgia on European Standards, except of the volcanic rocks, important interest calls application of burnt shales as a pozzolanic additive of cement. According to EN 197-1 it is foreseen to produce Portland cements with burnt shales CEM II/AT (6-20%) and CEM II/BT (21- 35%) [3].

Since 2014 a new Russian standard has been also put into operation, which considers burnt shales as active mineral (pozzolanic) additive for cement [4].

In Georgia, as well as in North Caucasus, and all over the world, there are huge supplies of clay shales. Shales are solid dark-grey, black and more rarely reddish or greenish clay rocks with more or less marked layer structure. They are found in the oldest geological deposits and represent consolidated clay changed by pressure and later metamorphic processes. Shales can contain different inclusions, mainly quartz, and also carbonaceous substances and oil.

In Kakheti in surroundings of the city of Kvareli, because of sill-mudflows carried by the Durudji River, there are accumulated million tons of clay shales. Every spring when snow begins melting, the little river Durudji shows its frantic character: it swells sweeping away everything away and the accumulated mass of clay shales threatens the city of Kvareli with ecological catastrophe. So in case of stating usefulness of the above mentioned shales as a

pozzolanic additive for cement and utilization of them a dual problem will be solved: a risk of flooding of the populated area will be decreased and at the same time cement industry will be provided with the high quality additive.

In this direction during many years by Georgian specialists with the financial support of the European Union there were conducted preliminary scientific and production-practical researches and calculations, which showed economical appropriateness of applying burnt shales as a pozzolanic additive for cement [5].

2. THE BODY OF THE ARTICLE

In CIMR works for studying shales of Kvareli as a pozzolanic additive for cement began comparatively not long ago. During many years scientific studies of shales were conducted for the purpose of producing heat-insulating substances, precondition of which was the property of clay shales of heating at temperatures over 1250 °C and getting a layer structure [6].

In North Caucasus laboratory investigations for the purpose of reception of pozzolanic cements with application of burnt clay slates of Dagestan deposit were carried out [7].

RESULTS AND DISCUSSION

In mineral composition shales of Kvareli are mixtures of: hydromica, muscovite, biotite, pyrite, limonite, quartz, augite, sericite, calcite, plagioclase, orthoclase, chlorate and aggregates of shales.

The chemical composition of shales is presented in Table 1.

Table 1

**Chemical composition of shales of Kvareli,
mass %**

L.O.I.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	P ₂ O ₅	MnO	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	C	Humus
3,5	58,0	0,89	18,8	2.86	3.65	0,23	0,23	1,52	1,75	0,23	2,1	3,0	1,74	2,0

According to the differential-thermal analysis data (Figure 1) the endo-effect within the temperature range 100 -150 °C complies with the removal of the water absorption. In the temperature range 450 – 680 °C loss of weight about 4 % takes place. It is obviously connected with the loss of constitution water, but at 560-680 °C temperature the exo-effect is observed, which corresponds to burning out of organic compounds and oxidizing of iron. In the temperature range 680-730 °C there is observed endo-effect, which is evidently connected with the destruction of the crystalline lattice of shales and their active amorphization.

For the preliminary assessment of availability of a pozzolanic additive from the material under examination were conducted series of burning of shale at temperatures 600, 800 and 1250 °C with time delay 60 minutes at the given temperature. Produced materials were X-ray phase analyzed in order to define their phase composition.

On diffractograms (Figure 2) are clearly seen phase changes of the material with increasing burning temperature.

On diffractogram No1 (unburnt shale) there is observed the presence of quartz (4.25, 3.34, 2.464, 2.285, 2.230, 2.010, 1.985, 1.817 Å⁰); clay mineral chlorite (14.14, 7.08, 4.73, 3.54 Å⁰); mica (9.96, 4.96, 2.555, 2.010 Å⁰); feldspar of Ca-Na (4.02, 3.77, 3.67, 3.19, 2.954, 2.930, 2.800, 2.395 Å⁰).

On diffractogram No2 (600°C) quantities of chlorite and mica is decreasing and X-ray amorphous phase is observed (in the kind of bellying).

On diffractogram No3 (800°C) argillous phase is completely vanished, mica is diminishing and X-ray amorphous phase is increasing.

On diffractogram No4 (1250°C) X-ray amorphous (liquid) phases prevails, in which there is quartz up to

90%, mica is completely dissolved and mullite (5.45, 3.44, 3.39, 2.695, 2.511, 2.208, 1.837 Å⁰) appears.

According to X-ray phase analysis data it can be supposed that at 600°C temperature partial decomposition of argillous component is begun and oxides SiO₂, Al₂O₃ and Fe₂O₃ are emerging in X-ray amorphous – active form, i.e. burnt shale acquires pozzolanic properties (ability of binding of calcium hydroxide on hardening cement paste into hardly soluble hydrate calcium silicate). With increasing temperature up to 800°C clay is completely being decomposed and percentage of the active phase is increased, hence pozzolanic properties of the burnt shale are improved. On burning of shale at temperature about 1250°C, activity of the latter is decreased, because there is emerging mullite - 3Al₂O₃ · 2SiO₂ fire resistant compound, which is non-reactive in relation to calcium hydroxide.

For confirmation of the given hypothesis our further researches were directed for testing the burnt shales as a pozzolanic additive on cement milling.

In the laboratory ball grinder clinker with its additives 10, 20 and 35% shales (burnt at temperatures 600, 800 and 1250 °C) were ground. For regulating times of setting 5% gypsum is added.

Samples in the form of cubes of 2x2x2 cm size were prepared from the paste of normal density. Forms with samples were kept in moist environment for twenty-four hours, then removed out of forms and placed the water-bath. Compression capacity tests were carried out on hydrostatic press after 28 days. In every series 6 cubes were decomposed.

Results of physical - mechanical tests are presented in Table 2. Cement No0 is considered as control cement (free from additive).

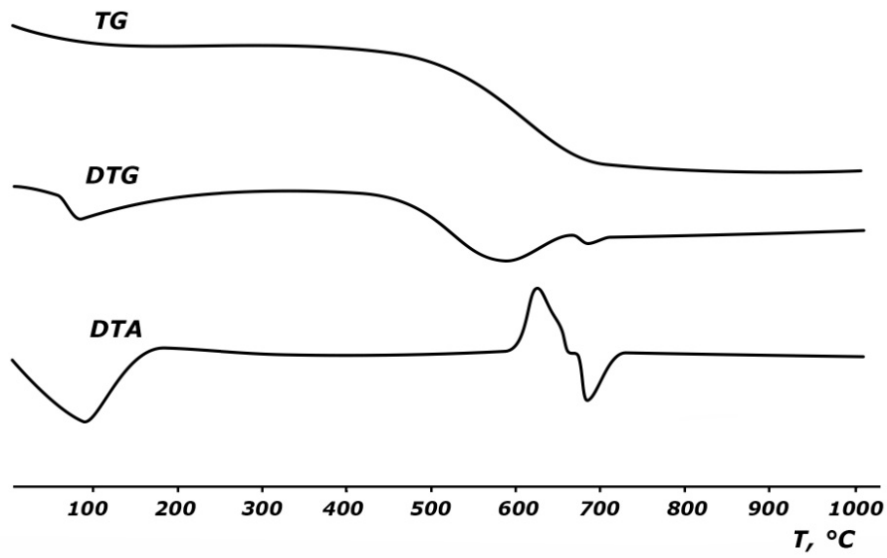


Figure 1. Differential-thermal pattern of Kvareli shales

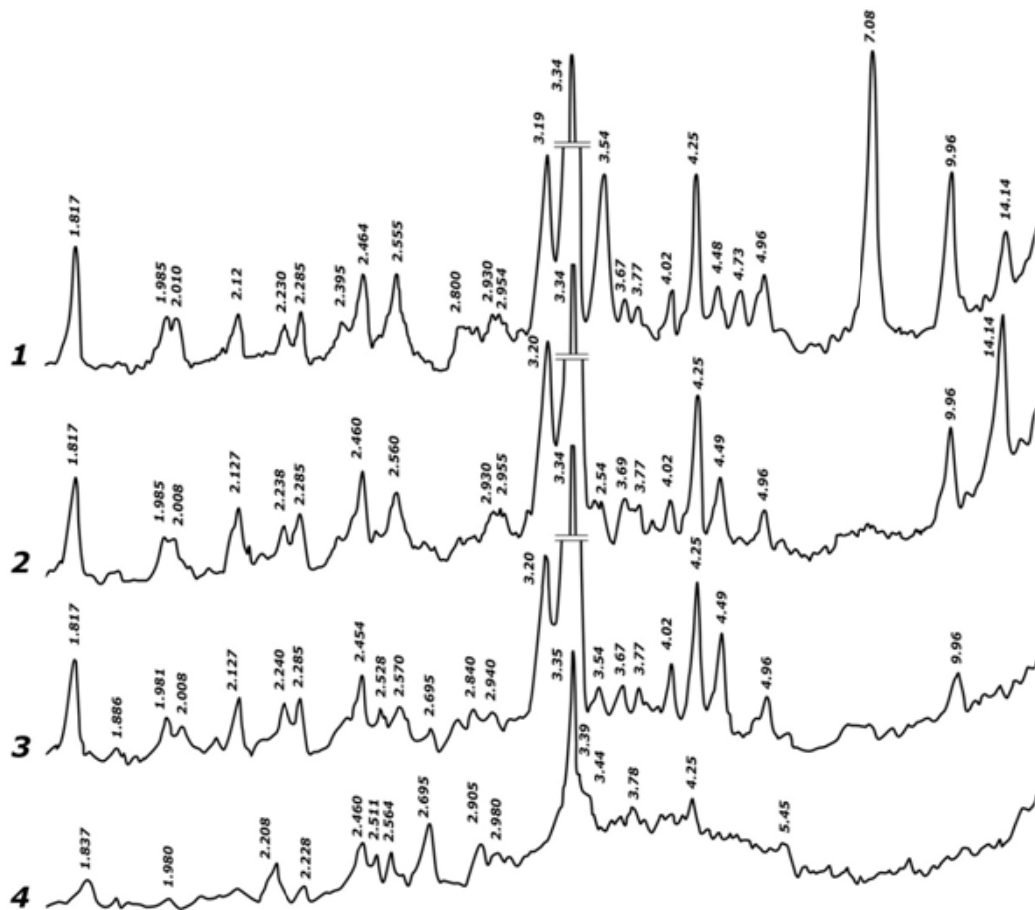


Figure 2. Diffraction patterns of Kvareli shales: No1- unburnt shale; No2 - heated at 600 °C; No3 - heated at 800 °C; No4 - heated at 1250 °C

Table 2

Physical-mechanical properties of cements

No	Cement composition, mass. %	Normal density of cement paste, mass. %	Sample strength after 28 days, MPa	Changes in cement activity, %
0	Clinker - 95 Gypsum - 5	29.0	65.5	-
1 ¹	Clinker - 85 Burnt shale (600 ⁰ C) - 10 Gypsum - 5	30.5	61.8	-5.6
1 ²	Clinker - 75 Burnt shale (600 ⁰ C) - 20 Gypsum - 5	31.0	58.4	-10.8
1 ³	Clinker - 60 Burnt shale (600 ⁰ C) - 35 Gypsum - 5	32.0	46.0	-29.8
2 ¹	Clinker - 85 Burnt shale (800 ⁰ C) - 10 Gypsum - 5	31.5	69.5	+6.1
2 ²	Clinker - 75 Burnt shale (800 ⁰ C) - 20 Gypsum - 5	32.5	62.3	-4.9
2 ³	Clinker - 60 Burnt shale (800 ⁰ C) - 35 Gypsum - 5	33.5	53.5	-18.3
3 ¹	Clinker - 85 Burnt shale (1250 ⁰ C) - 10 Gypsum - 5	32.0	60.7	-7.3
3 ²	Clinker - 75 Burnt shale (1250 ⁰ C) - 20 Gypsum - 5	32.0	51.2	-21.8
3 ³	Clinker - 60 Burnt shale (1250 ⁰ C) - 35 Gypsum - 5	33.5	41.4	-36.8

From the data of Table 2 it is clear that the best strength is observed for the samples produced on the base of additive burnt at temperature 800⁰C in the amount of 10 - 35 % mass from cement content.

3. CONCLUSION

However for the final decision about the suitability of Kvareli shales as a pozzolanic additive for cement, it is necessary to conduct the further researches, as the accumulated mass of the mudflows in the vicinity of the city of Kvareli is inhomogeneous material. Apart from shale rocks it also contains other weathering products of different fractions. Therefore it is necessary to study maximal amount of probes from different dislocations.

The positive solving of the problem will give the opportunity of providing cement industry of Georgia and also the nearby countries (Azerbaijan, Armenia, Turkey) with high-quality and at the same time cheap pozzolanic additive, thus to conserve ecological balance in regions of the raised hazard.

References

1. Kondratyev V. B. Mirovaia Ekonomika I Mezhdunarodnie Otnoshenia, No3, Moscow, 2015, p. 5-17.
2. Shapakidze E., Nadareishvili G., Kvatashidze R., Tkemaladze M., Maisuradze V., Nadirashvili M., Gejadze I. Materials of XIII International Conference "Reproduce Of The Resources, Low Waste And Evoronmental

- Technology Exploitation Of Mineral Resources”, Tbilisi, 15-20 September, 2014.
3. EN 197-1:2011. Composition, Specifications And Conformity Of Criteria For Common Cements.
 4. GOST R 56196-2014. Dobavki Aktivnie Mineralnie Dlia Cementov. Tekhnicheskie Uslovia.
 5. Mirianashvili A., Koivunen L., Dolidze T., Skhvitaridze R. Mining Journal, No1(8), Tbilisi, 2002, p. 52-55
 6. Gabunia L., Shapakisze E., Magalashvili G., Gejadze I. Anniversary Collection Of Works Of CIMR, Tbilisi, 2009, p.399-401.
 7. Toturbiev B.D., Toturbiev A.B. Beton I Zhelezobeton, No1, Moscow, p. 12-14.

შპს 666.952

კავკასიის ქედის ღვარცოფული ნაკადის შედეგად წარმოშობილი ნაშალი თიხაფიქლების ნატანის გამოკვლევა ცემენტის პუცოლანური დანამატის სახით

ე. შაფაქიძე, რ. სხვიტარიძე, ი. გეჯაძე, ვ. მაისურაძე, მ. ნადირაშვილი, ე. ხუჭუა

რეზიუმე: გამოკვლეულია კავკასიის ქედის ღვარცოფული ნაკადის შედეგად წარმოშობილი ნაშალი თიხაფიქლების ნატანის გამოკვლევის შესაძლებლობა ცემენტის პუცოლანური დანამატის სახით. ამ მიზნით თიხაფიქლების შესწავლა ჩატარდა ქიმიური, რენტგენოფაზური და დიფერენციულ-თერმული ანალიზების მეთოდებით, რომლებმაც გახურების შედეგად გამოავლინა თიხაფიქლების ფაზური გარდაქმნების ტენდენცია 20–1250⁰C ინტერვალში.

თიხაფიქლების გამოწვა ხდებოდა 600, 800 და 1250⁰C ტემპერატურებზე, 1 სთ დაყოვნებით მაქსიმალურ ტემპერატურაზე. ფიზიკურ-მექანიკურმა გამოცდებმა აჩვენა, რომ სიმტკიცის საუკეთესო მაჩვენებლებით ხასიათდება ცემენტები, რომელთაც დაემატა 10–35 მას.% თიხაფიქალი, წინასწარ გამომწვარი 800⁰C ტემპერატურაზე.

საკვანძო სიტყვები: ცემენტის პუცოლანური დანამატი; ნაშალი თიხაფიქლის ნატანი; ღვარცოფული ნაკადი; ეკოლოგიური წონასწორობა.

УДК 666.952

ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОСОВ ГЛИНИСТЫХ СЛАНЦЕВ (ОБРУШАЮЩЕЙСЯ ГОРНОЙ ПОРОДЫ КАВКАЗСКОГО ХРЕБТА, ОБРАЗОВАВШЕЙСЯ ВСЛЕДСТВИЕ СЕЛЕВО-ГРЯЗЕВЫХ ПОТОКОВ) В КАЧЕСТВЕ ПУЦЦОЛАНОВОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ ЦЕМЕНТА

Шапакидзе Е.В., Схвитаридзе Р.Е., Геджадзе И.В., Майсурадзе В.И., Надирашвили М.Р., Хучуа Е.А.

Резюме: Исследована возможность применения наносов глинистых сланцев (обрушающейся горной породы Кавказского хребта, образовавшейся вследствие селево-грязевых потоков) в качестве пуццолановой добавки для цемента. С этой целью сланцы были изучены методами химического, петрографического, рентгенофазового и дифференциально-термического анализов, которые выявили тенденцию фазовых превращений при нагреве сланцев в интервале температур 20 - 1000⁰C.

Глинистые сланцы обжигались при температурах 600, 800 и 1250⁰C с выдержкой при максимальной температуре 60 мин. Физико-механические испытания показали, что наилучшими показателями по прочности обладают цементы с добавкой 10-35 масс.% сланцев, обожженных при температуре 800⁰C.

Ключевые слова: пуццолановая добавка для цемента; наносный глинистый сланец; селево-грязевый поток; экологическое равновесие.

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСШИРЕНИЯ И ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ СТЕКЛОМАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМЕ $\text{Cu}_2\text{O-MnO-B}_2\text{O}_3$

Т.Ш. Чеишвили, Н.Г. Чиджавадзе

Департамент химической и биологической технологий, Грузинский технический университет, Грузия, 0175, Тбилиси, ул. Костава 77

E-mail: t.cheishvili@gtu.ge

Резюме: Исследование выполнено с целью изучения возможности получения стекломатериалов электротехнического назначения. Тепловое расширение стекломатериалов изучалось на кварцевом dilatометре, а электросопротивление – тераомметрами. В работе представлены условия получения специфических стекломатериалов в системе $\text{Cu}_2\text{O-MnO-B}_2\text{O}_3$ и рассмотрены вопросы влияния состава на температурные зависимости их удлинения и электросопротивления. Показано, что взаимозамещением оксидов марганца (II) и меди (I) в пределах 10-40 мол.% можно получить стекломатериалы со стабильными электрофизическими характеристиками.

Ключевые слова: стекломатериалы; оксиды меди; марганца и бора; тепловое расширение; электросопротивление; температурный коэффициент сопротивления; тип проводимости.

1. ВВЕДЕНИЕ

Известно, что сферы применения имеющих многовековую историю искусственных стекол становятся все многообразнее. Стекло из предмета быта человека превратилось в определяющий фактор перспективности развития многих отраслей техники. На сегодняшний день насчитываются десятки видов стекол, отличающихся как функциональностью применения, так и составом. На основе стекол и стекломатериалов изготавливаются многие необходимые для технического прогресса материалы и среди них полупроводниковые, радиационностойкие, лазерные, магнитные, специальные оптические, деградирующие биостекломатериалы и др. [1-5].

Предпосылкой данных достижений стало создание аморфных и аморфно-кристаллических материалов, которые являются носителями свойств традиционных кристаллических материалов. В качестве примера можно привести ферритные марганецсодержащие стекла, марганец- и титансодержащие химически стойкие стеклопокрытия, лазерные стекла и т.п. [2,6]. В этом аспекте внимания заслуживают работы, прове-

денные в целях создания поверхностно- и объемно-проводящих полупроводниковых стекол с преобладающей электронной проводимостью, на основе медьсодержащих боратных и силикатных стекол [7-9].

Электротехнические характеристики таких материалов, содержащих d-элементы, позволяют рекомендовать их в качестве специальных резистивных элементов, способных замещать известные сплавы и легированные полупроводники [10]. Исходя из имеющихся в научной литературе данных и с учетом технологического синтеза боратных стекол (по сравнению с силикатными) нами были синтезированы и изучены электрофизические и тепловые свойства стекломатериалов в системе $\text{Cu}_2\text{O-MnO-B}_2\text{O}_3$.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Целью данной работы было изучение материалов, полученных в системе $\text{Cu}_2\text{O-MnO-B}_2\text{O}_3$, т.е. варкой композиций на боратной основе, содержащих оксиды двух (медь и марганец) d-элементов. Оксиды марганца и меди хорошо известны в стеклоделии – на их основе получают окрашенные стекла бытового и светотехнического назначения. Однако их концентрации в таких стеклах не превышают нескольких процентов, а глубину окраски определяют следующие факторы: состав стекла, температура и атмосфера варки, окислительно-восстановительные процессы между двумя d-элементами. Представленные параметры (условия) предопределяют в конечном счете валентно-координационное состояние d-элементов при их совместном присутствии в стеклах [1,11]. Поэтому при синтезе стекол в изучаемой системе $\text{Cu}_2\text{O-MnO-B}_2\text{O}_3$ были приняты идентичные для всех составов условия синтеза и дальнейшей подготовки образцов для замера свойств.

Для синтеза были взяты следующие реактивы: медь (I) окись, марганец (II) окись и борная кислота качества (марки) «х.ч» и «ч.д.а.» с содержанием основных веществ не менее 99,0 вес. %. Варка шихт проводилась в электрической печи с карборундовыми нагревателями, тигли для синтеза – фарфоровые емк. 70 мл. Температура варки составляла $1025 \pm 25^\circ\text{C}$; время

выдержки расплавов при данной температуре – 30 мин. Для отжига образцов, полученных отливкой расплавов в металлические формы, применялась муфельная электропечь. Температура отжига устанавливалась с учетом температуры стеклования (T_g) и составляла (T_g-20)°C при скорости последующего охлаждения не более 3°С/мин. В целях изучения свойств отожженные образцы шлифовались для получения дисков (диаметр 30-40 мм, толщина 3-4 мм) и четырехгранных стержней (длина 50±2мм; сечение 3х3 мм).

Тепловое расширение определялось на dilatометре ДКВ-4А (скорость подъема температуры 2,5-3°С/мин), а электрическое сопротивление (электроды графитовые) измерялось тераомметром (Е6-3, Е6-13А) в высокотемпературной ячейке [12].

В системе $Cu_2O-MnO-B_2O_3$ были синтезированы и изучены составы трех серий с содержанием 40, 50 и 60 мол.% B_2O_3 . Однако, в данной статье представлены результаты по свойствам для составов с молекулярной формулой $(50-x)Cu_2O \cdot xMnO \cdot 50B_2O_3$, т.к. составы двух других серий (с 40 и 60 мол.% основного стеклообразователя) показали схожие результаты по значениям электросопротивления (ρ) и теплового расширения (Δl) от температуры. Состав и оценка внешнего вида переохлажденных в формах и отожженных расплавов изучаемой серии представлены в табл. 1. Полученные образцы материалов отличаются по внешнему виду – состав 1 можно отнести к аморфным, а составы 2-4 больше похожи на аморфно-кристаллические материалы.

Табл. 1

Исходный состав и визуальная оценка переохлажденных расплавов состава $(50-x)Cu_2O \cdot xMnO \cdot 50B_2O_3$

№	Индексы составов	Химический состав по синтезу (мол. %)			Визуальная оценка
		Cu_2O	MnO	B_2O_3	
1	Cu'Mn-145	10	40	50	Черное стекло
2	Cu'Mn-235	20	30	50	Матовая поверхность темно-бордового цвета
3	Cu'Mn-325	30	20	50	То же, что и состав 2
4	Cu'Mn-415	40	10	50	То же, что и состав 2

Изучение зависимостей «удлинение-температура» показало определенную идентичность составов 1 и 2, а также составов 3 и 4 (табл. 1) по схожести dilatометрических кривых, которые представлены на рис. 1 для крайних составов: Cu'Mn-145 и Cu'Mn-415. Кривая зависимости « $\Delta l - t$ » в обоих случаях имеет сложный характер – четко проявляются изгибы (переходы) от одного прямолинейного участка к другому в области температур от комнатной до 450°С. Дальнейший рост температуры предопределяет плавность хода кривых « $\Delta l - t$ », однако для состава с 40 мол.% Cu_2O наблюдается заторможенность хода расширения в области температур 450-525°С (фиксируется нулевое расширение) с последующей завершающей и характерной для аморфного состава петлей в области температур размягчения. Полученные результаты

свидетельствуют о неоднородном строении изучаемых материалов, в которых предположительно возможно одновременное сосуществование нескольких составляющих структуру группировок и в том числе медноборатных и марганцевоборатных. Данный вопрос требует дополнительного изучения, тем более с учетом выявленного факта – температуры размягчения материалов ($t_{н.д.}$) практически совпадают (рис. 1).

Возможность влияния состава на структурное обустройство синтезированных материалов нашло отражение и в зависимости электрического сопротивления от состава и температуры замера значений сопротивления (рис. 2). В интервале температур 20-300°С зависимость « $I_{гр} - t$ » носит прямолинейный характер, однако угол их наклона меняется в зависимости от состава.

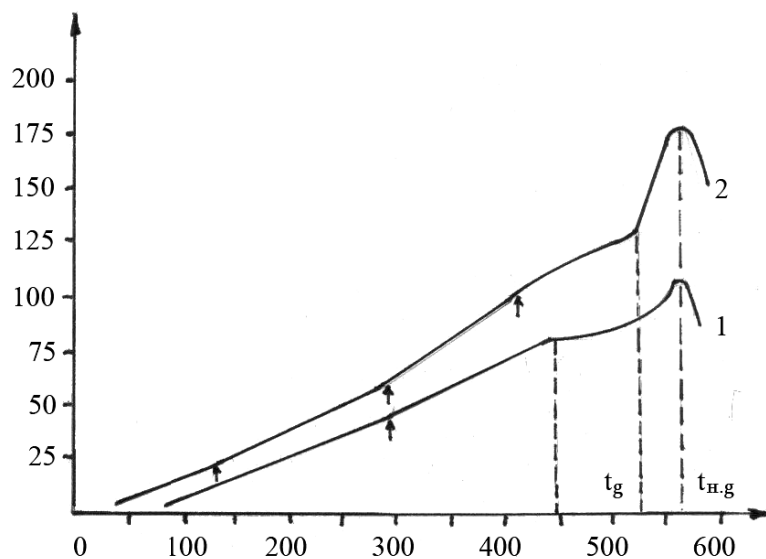


Рис. 1. Характеристические дилатометрические кривые стекол:
1 – состав $10\text{Cu}_2\text{O}\cdot 40\text{MnO}\cdot 50\text{B}_2\text{O}_3$; 2 – состав $40\text{Cu}_2\text{O}\cdot 10\text{MnO}\cdot 50\text{B}_2\text{O}_3$

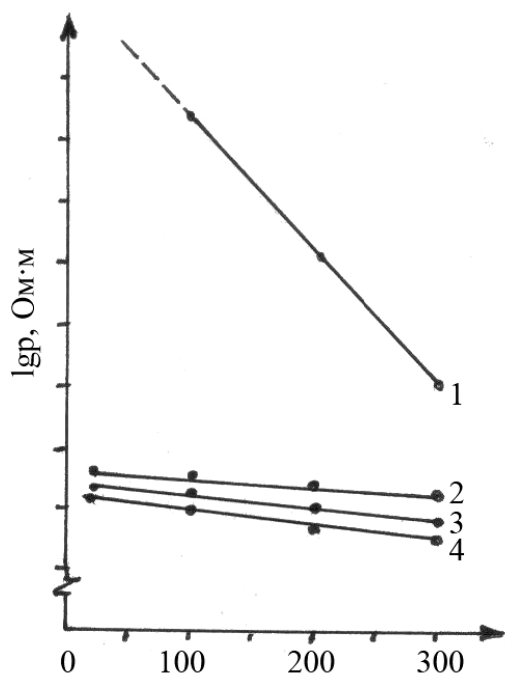


Рис. 2. Зависимость « $\Delta t - t$ » для составов $x\text{Cu}_2\text{O}\cdot (50-x)\text{MnO}\cdot 50\text{B}_2\text{O}_3$ (составы см. табл. 1)

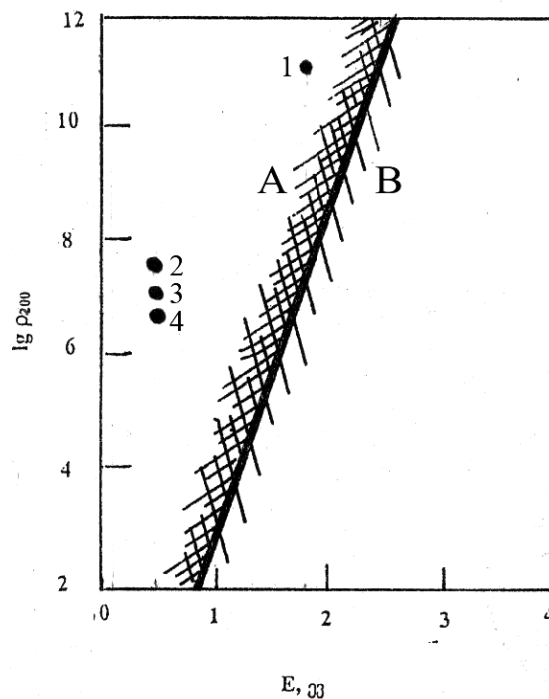


Рис. 3. Взаимная зависимость электросопротивления и энергии активации для составов $x\text{Cu}_2\text{O}\cdot (50-x)\text{MnO}\cdot 50\text{B}_2\text{O}_3$: А – электронная проводимость, В – ионная проводимость (составы см. табл. 1)

Состав $\text{Cu}'\text{MnB-145}$ (кривая 1) характеризуется особенной чувствительностью к изменению температуры, в то время как составы с 20 и более процент-

ным содержанием Cu_2O менее чувствительным к изменению температуры. Эти же составы имеют более

низкие значения удельного электросопротивления, чем состав Cu'MnB-145.

Изученные стекла характеризуются резко отличающимися значениями температурного коэффици-

ента электросопротивления (α_T) и энергии активации проводимости (E), что подтверждается приведенными в табл. 2 расчетными данными [13].

Табл. 2

Электротехнические характеристики стекол состава $x\text{Cu}_2\text{O} \cdot (50-x)\text{MnO} \cdot 50\text{B}_2\text{O}_3$

Индекс состава	Значения удельного электросопротивления (ρ_p) при температуре			Температурный коэффициент электро-сопротивления ($-\alpha_T \cdot 10^{-2}$) K^{-1}	Энергия активации электро-проводимости (E), эВ
	100°C	200°C	300°C		
Cu'MnB-145	-	11,3	9,1	1,8	0,40
Cu'MnB-235	7,7	7,5	7,2	0,5	0,11
Cu'MnB-325	7,3	7,0	6,8	0,5	0,11
Cu'MnB-415	7,0	6,7	6,5	0,5	0,11

Для определения типа проводимости в изучаемых композициях был использован подход, предложенный в [14]. Представленный на рис. 3 материал в виде зависимости « $\lg\rho_{200}\text{-E}$ » показывает, что все материалы из серии $x\text{Cu}_2\text{O} \cdot (50-x)\text{MnO} \cdot 50\text{B}_2\text{O}_3$ должны проявлять склонность к электронному типу проводимости, однако данное предположение предпочтительно в отношении составов с 20, 30 и 40 мол.% Cu_2O (рис. 3, составы 2, 3, 4).

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Синтезом и изучением стекломатериалов состава $x\text{Cu}_2\text{O} \cdot (50-x)\text{MnO} \cdot 50\text{B}_2\text{O}_3$ было установлено, что по характеру изменения свойств они представляют собой аморфные или аморфнокристаллические материалы, предположительно с дифференцированной структурой. Составы с 20, 30 и 40 мол.% Cu_2O характеризуются низкими значениями электросопротивления и энергии активации, а также малыми величинами температурного коэффициента сопротивления, что может предопределить их применение в качестве многофункциональных низкоомных резисторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Химическая технология стекла и ситаллов / Под ред. Павлушкина Н.М.: Стройиздат, 1983. - 432с.
2. Справочник по электротехническим материалам/ Под ред. Корицкого Ю.В., Пасынкова В.В., Тареева Б.М. Т. 3, Изд. 3-е, Л.: Энергоиздат, 1988. - 728с.
3. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов. М.: Высш. шк., 1990. - 423с.

4. Саркисов П.Д. Направленная кристаллизация стекла – основа получения многофункциональных стеклокристаллических материалов. М.: РХТИ, 1997. - 218с.
5. Баринов С.М., Комлев В.С. Биокерамика на основе фосфатов кальция. М.: Наука, 2005. – 204 с.
6. Саруханишвили А.В. Многомарганцевые боратные и силикатные стекла. Тб.: ТГУ, 1989. – 160 с.
7. Чеишвили Т.Ш. Стекла трехкомпонентных систем с содержанием d-элементов. Автореферат докторской диссертации. Тб.: ТГУ, 2003. – 35 с.
8. Файнберг Е.А., Пановкина В.И. Исследование электрофизических свойств марганец- и медьсодержащих стекол с электропроводящими окисленными слоями // Неорганические материалы, т. 3, №11, 1967, с. 2123-2125.
9. Гаприндашвили Х.И., Мясников И.А. К электропроводности стекол системы $\text{CdO-CuO-B}_2\text{O}_3$ // Georgian Engineering News, №2, 2002, с. 96-98.
10. ru.wikipedia.org/wiki; mash-xxl; info/127733/dic.academic.ru/dic, nsf/ruwiki/348220.
11. Кутолин С.А., Нейг А.Н. Физическая химия цветного стекла. М.: Стройиздат, 1988. -296с.
12. Чеишвили Т.Ш. Оценка протекающих на поверхности стекол процессов новой электроизмерительной ячейкой с регулируемыми параметрами температуры и давления // Труды ГТУ, №4(458), 2005, с. 45-49.
13. Люсов В.Ф. Практикум по физике полупроводников. М.: Просвещение, 1976, с. 35-56.
14. Зерцалова И.Н., Файнберг Е.А., Гречаник Л.А. О характере изменения энергии активации и объемной электропроводности твердых стекол в связи с механизмом переноса тока // Материалы IV Всесоюзн. совещ., М.-Л., 1964, с. 30-38.

შპპ 666.125

Cu₂O-MnO-B₂O₃ სისტემაში მიღებული მინამასალების თერმული გაზარტოებისა და ელექტროწინალობის თავისებურებანი

თ. ჭეიშვილი, ნ. ჩიჯავაძე

რეზიუმე: წარმოდგენილია Cu₂O-MnO-B₂O₃ სისტემაში სპეციფიკური მინამასალების მიღების პირობები და განხილულია შედგენილობის გავლენის საკითხი მათი დაგრძელებისა და ელექტროწინალობის ტემპერატურულ დამოკიდებულებასთან. ნაჩვენებია, რომ 10–40 მოლ.%-იან ზღვრებში მანგანუმის (II) და სპილენძის (I) ურთიერთანაცვლებით შესაძლებელია სტაბილური ელექტროფიზიკური მახასიათებლების მინამასალების მიღება.

საკვანძო სიტყვები: მინამასალები; სპილენძის, მანგანუმის და ბორის ოქსიდები; თბური გაფართოება; ელექტროწინალობა; წინალობის ტემპერატურული კოეფიციენტი; გამტარობის სახე.

UDC 666.1.25

PECULIARITIES OF THERMAL EXPANSION AND ELECTRIC RESISTIVITY OF GLASS MATERIALS IN THE SYSTEM Cu₂O-MnO-B₂O₃

T. Cheishvili, N. Chijavadze

Resume: Conditions of receipt of specific glass materials in the system Cu₂O-MnO-B₂O₃ are represented and issues of effect of their composition on temperature dependencies of their enlargement and electric resistivity are considered. It is shown that by mutual substitution of manganese (II) and copper (I) oxides within the limits of 10-40 mol.% is possible to receive glass materials with stable electrophysical characteristics.

Key words: glass materials; copper, manganese and boron oxides; thermal expansion; electric resistivity; thermal coefficient of resistance; type of conductivity.

მ ი ლ ო ც ზ ა

ზურაბ სიმონგულაშვილი



ზურაბ სიმონგულაშვილი დაიბადა 1946 წლის 2 აგვისტოს თერჯოლის რაიონის სოფელ ჩხარში პედაგოგების ოჯახში. 1964 წელს, საშუალო სკოლის ოქროს მედალზე დამთავრების შემდეგ, სწავლა განაგრძო საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის მეტალურგიის ფაკულტეტზე. 1969 წლიდან, ინსტიტუტის წარჩინებით დამთავრების შემდეგ, ორი წელი ოფიცრად მსახურობდა საბჭოთა არმიის რიგებში.

1972 წელს მუშაობას იწყებს საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის შავი ლითონების მეტალურგიის კათედრასთან არსებულ კაზმის მომზადებისა და გადამუშავების საპრობლემო ლაბორატორიაში, სადაც განვლო გზა უმცროსი მეცნიერი თანამშრომლიდან პროფესორამდე.

ზ. სიმონგულაშვილი არის აღიარებული მეცნიერი მკვლევარი მანგანუმთან ფეროშენადნობების მიღების თეორიასა და ტექნოლოგიის დარგში. ხანგრძლივი სამეცნიერო მოღვაწეობის პერიოდში გამოქვეყნებული აქვს ასზე მეტი ნაშრომი, მათ შორის რამდენიმე გამოგონება, პატენტი და სახელმძღვანელო. გამოკვლევები ძირითადად ეხება ჭიათურა-ხესტაფონის სამთო-მეტალურგიული კომპლექსის შესწავლას და მოიცავს მანგანუმთან ფეროშენადნობთა წარმოების თეორიული და ექსპერიმენტული კვლევების თითქმის ყველა მიმართულებას. მისი ხელმძღვანელობით და უშუალო მონაწილეობით წარმოებაში დაინერგა მადნური ბრიკეტების და ადგილობრივი კაჟიწაშემცველი ალუმინსილიკატების გამოყენება სილიკომანგანუმის გამოსადნობ კაჟში, რამაც ქარხანას მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ეფექტი მოუტანა. განსაკუთრებით აღსანიშნავია პროფ. ზ. სიმონგულაშვილის წვლილი წარმოების ნარჩენების გამოყენების საქმეში. მის მიერ შემუშავებული სილიკომანგანუმის მიღების ახალი, ორიგინალური ტექნოლოგიური სქემა უზრუნველყოფს ეკოლოგიურად საშიში მანგანუმის ნარჩენების უტილიზაციას, აფართოებს საწარმოო ბაზას, ამცირებს შენადნობის თვითღირებულებას და ჭრის გარემოს დაბინძურების პრობლემას.

ზ. სიმონგულაშვილს, როგორც ფეროშენადნობთა მაღალკვალიფიციურ სპეციალისტს, იცნობენ არა მარტო საქართველოში, არამედ მის ფარგლებს გარეთაც – უკრაინაში, რუსეთში, ყაზახეთში, თურქეთში და სხვა. მისი გამოკვლევები ციტირებულია საზღვარგარეთ გამოცემულ ცნობილ ავტორთა მონოგრაფიებსა და სახელმძღვანელოებში. მონაწილეობდა მრავალ საერთაშორისო სამეცნიერო კონ-

ფერენციებში. მას, როგორც ექსპერტს, ხშირად იწვევენ სხვადასხვა სახელმწიფო და კერძო ორგანიზაციები სამეცნიერო, საპროექტო, საწარმოო და ეკონომიკური საკითხების განსახილველად და შესაბამისი დასკვნის გასაცემად.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია პროფ. ზ. სიმონგულაშვილის როლი ბოლო წლებში ჩვენს ქვეყანაში ფართოდ განვითარებულ მცირე და საშუალო სიმძლავრის საწარმოთა დაპროექტების და ათვისების საქმეში. ბოლო ორი წლის განმავლობაში იგი მიწვეული იყო თურქეთის რესპუბლიკაში, როგორც მეცნიერი-კონსულტანტი, სადაც მონაწილეობდა და ხელმძღვანელობდა ფეროშენადნობთა სადნობი ზემოქმედერ-მადანთერმული დემლების ექსპლუატაციაში შესვლასა და ათვისებას.

გარდა სამეცნიერო მუშაობისა, პროფ. ზ. სიმონგულაშვილი წლების განმავლობაში ეწევა პედაგოგიურ მოღვაწეობასაც. კითხულობს ლექციების კურსს თუჯის, ფოლადის და ფეროშენადნობთა მეტალურგიაში. ხელმძღვანელობს საბაკალავრო, სამაგისტრო და სადოქტორო სამუშაოების შესრულებას. მისი ხელმძღვანელობით დაცულია ერთი საკანდიდატო და ოთხი სადოქტორო დისერტაცია.

ზ. სიმონგულაშვილი განსაკუთრებული ავტორიტეტით და სიყვარულით სარგებლობს მეგობრებში, თანამშრომლებსა და სტუდენტებს შორის, მას საპატიო ადგილი უჭირავს ქართველ მეტალურგთა დიდ ოჯახში.

მრავალრიცხოვანი მეგობრები და კოლეგები ულოცავენ პროფ. ზ. სიმონგულაშვილს იუბილეს და უსურვებენ ჯანმრთელობას, ბედნიერებას და ახალ შემოქმედებით წარმატებებს.

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტი,*

ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანა

შინაარსი

მეცნიერება და ტექნოლოგია

გ. გაფრინდაშვილი. ინფრაწითელი სხივებით კურ-ფუნტოშეუქმე პროდუქტების ცხოვრება	3
ზ. კოვზირიძე, ნ. ნიჟარაძე, ნ. დარახველიძე, გ. ტაბატაძე, ზ. მესტვირიშვილი. სიალონემცველი კომპოზიტის მიღება ნიტროალუმინოთერმული პროცესებით, რეაქციული შეცხოვის და ცხელი დაწნების მეთოდით	9
ზ. კოვზირიძე, ნ. ნიჟარაძე, ა. მიქანაძე, გ. ტაბატაძე. მეთალოკერამიკული კომპოზიტი ლითონების ჯრით დასამუშავებლად	20
ზ. კოვზირიძე, ნ. ჯოგლიძე, ნ. ნიჟარაძე, ხ. ბლუაშვილი. მართვადი ლოკალური ჰიპერთერმიის მეთოდით სწორი ნაწლავის კიბოსა (პროქტოლოგიური) და საშვილოსნოს ყელის დაავადებების სამკურნალო აპარატი და უსაფრთხოების შესწავლა თეთრ ვირთაბვებზე	30
ზ. სიმონგულაშვილი, გ. ქურდაძე. სილიკონბანუმის გამოდნობის პროცესის გამომკვლევა კაზმში ტუფების გამოყენებით	41
ზ. სიმონიშვილი, ა. გოგიბერიძე, დ. ჩიკაშუა, ე. ქინქლაძე. ნატრიუმის ქლორიდის გამოყენებით დაბალფოსფორიანი მანბანუმის კონცენტრატის მიღება	46
ე. შაფაქიძე, რ. სხვიტარიძე, ი. გეჯაძე, ვ. მაისურაძე, მ. ნადირაშვილი, ე. ხუჭუა. კავკასიის ქაღის ღვარცოფული ნაკადის შეღებად წარმოშობილი ნაშალი თიხაფიქლების ნატანის გამოკვლევა ცემენტის კუცოლანური დანამატის სახით	49
თ. ჭეიშვილი, ნ. ჩიჯავაძე. $Cu_2O-MnO-B_2O_3$ სისტემაში მიღებული მინამასალების თერმული გავართობისა და ელექტროწინალოვის თავისებურებანი	55

მილოცვა

ზურაბ სიმონგულაშვილი	60
----------------------------	----

CONTENTS

SCIENCE END TECHNOLOGY

G. Gafrindashvili. BAKING OF BAKERY PRODUCTS WITH APPLICATION OF INFRARED RAYS	3
Z. Kovziridze, N. Nizharadze, N. Darakhvelidze, G. Tabatadze, Z. Mestvirishvili. PREPARATION OF COMPOSITES BY NITRO ALUMINOTHERMIC PROCESSES BY REACTIV SINTERING AND HOT PRESSING	9
Z. Kovziridze, N. Nizharadze, A. Mikanadze, G. Tabatadze. METAL-CERAMIC COMPOSITES FOR METAL TREATMENT BY CUTTING	20
Z. Kovziridze, N. Joglidze, N. Nizharadze, Kh. Bluashvili. APPARATUS FOR THERAPY OF (PROCTOLOGIC) RECTUM CANCER AND CERVIX UTERI DISEASES BY LOCAL CONTROLLED HYPERTHERMIA AND STUDY OF SAFETY ON ALBINO RATS	30
Z. Simongulashvili, G. Qurdadze. LEARNING THE SILICO-MANGANESE SMELTING PROCESS BY USING TUFF IN FURNACE	41
Z. Simonishvili, A. Gogiberidze, D. Chikashua, V. Qinqladze. PREPARATION OF LOW-PHOSPHOROUS MANGANESE CONCENTRATE USING SODIUM CHLORIDE	46
E. Shapakidze, R. Skhvitardze, I. Gejadze, V. Maisuradze, M. Nadirashvili, E. Khuchua. STUDY OF ALLUVIUM SHALES (FALLING ROCKS OF CAUCASIAN RIDGE, GENERATED AS A RESULT OF SILL-MUDFLOWS), AS A POZZOLANIC ADDITIVE FOR CEMENT	49
T. Cheishvili, N. Chijavadze. PECULIARITIES OF THERMAL EXPANSION AND ELECTRIC RESISTIVITY OF GLASS MATERIALS IN THE SYSTEM $Cu_2O-MnO-B_2O_3$	55

GREETING

Zurab Simongulashvili	60
------------------------------------	----

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Гаприндашвили Г.Г. ВЫПЕЧКА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФРАКРАСНЫХ ЛУЧЕЙ	3
Ковзиридзе З.Д., Нижарадзе Н.С., Дарахвелидзе Н.И., Табатадзе Г.С., Мествиришвили З.Д. ПОЛУЧЕНИЕ СИАЛОНСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИТОВ НИТРОАЛЮМОТЕРМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ, МЕТОДАМИ РЕАКЦИОННОГО СПЕКАНИЯ И ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ	9
Ковзиридзе З.Д., Нижарадзе Н.С., Миканадзе А.И., Табатадзе Г.С. МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЙ КОМПОЗИТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ	20
Ковзиридзе З.Д., Джоглидзе Н.Ш., Нижарадзе Н.С., Блуашвили Х.Т. АППАРАТ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ РАКА ПРЯМОЙ КИШКИ (ПРОКТОЛОГИЧЕСКОЙ) И ШЕЙКИ МАТКИ МЕТОДОМ УПРАВЛЯЕМОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕРМИИ И ИЗУЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА БЕЛЫХ МЫШАХ	30
Симонгулашвили З.А., Курдадзе Г.У. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫПЛАВКИ СИЛИКОМАРГАНЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ В ШИХТЕ ТУФА	41
Симонишвили З.З., Гогиберидзе А.В., Чикашуа Д.С., Кинккладзе В.Л. ПОЛУЧЕНИЕ НИЗКОФОСФОРИСТОГО МАРГАНЦЕВОГО КОНЦЕНТРАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ХЛОРИДА НАТРИЯ	46
Шапакидзе Е.В., Схвитаридзе Р.Е., Геджадзе И.В., Майсурадзе В.И., Надирашвили М.Р., Хучуа Е.А. ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОСОВ ГЛИНИСТЫХ СЛАНЦЕВ (ОБРУШАЮЩЕЙСЯ ГОРНОЙ ПОРОДЫ КАВКАЗСКОГО ХРЕБТА, ОБРАЗОВАВШЕЙСЯ ВСЛЕДСТВИЕ СЕЛЕВО-ГРЯЗЕВЫХ ПОТОКОВ) В КАЧЕСТВЕ ПУЦЦОЛАНОВОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ ЦЕМЕНТА	49
Чеишвили Т.Ш., Чиджавадзе Н.Г. ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСШИРЕНИЯ И ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ СТЕКЛОМАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМЕ $Cu_2O-MnO-B_2O_3$	55
ПОЗДРАВЛЕНИЕ	
Зураб Симонгулашвили	60

kompiuteruli uzrunvel yofa x. ungiashi

redaktorebi: I. mamalaze, m. preobrazhenskaya, d. Sosiasvili

saqartvel os keramikosta asociacia 2007 wlidan gawvrianda keramikosta msflio federaciaSi

saqartvel os keramikosta asociacia 2002 wlidan evropis keramikosta asociacis wevria

saqartvel os keramikosta asociacia daarsda 1998 wels
Jurnali daarsda 1999 wels

Jurnali statiebi iwdeba qartul, inglisur, germanul da rusul enebze

*gamoqveynbuli masalis avtorebi pasuxismgebel ni arian moyvanili
faqtebis, citatebis da sxva monacemebis Sercevasa da sizusteze, aseve Ria
publikaciaSi kanoniT akrzal uli monacemis gaxmaurebaze.
redaqcias SeuZlia gamoaqveynos masal ebi ise, rom ar iziarebdes avtoris
Sexedul ebets.*

Авторы публикуемых материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат и других сведений, а также за неразглашение сведений, запрещенных законом к открытой публикации.

Редакция может публиковать материалы, не разделяя точку зрения автора.

Authors of the published materials are responsible for choice and accuracy of adduced facts, quotations and other information, also for not divulging information forbidden open publication.

Publishing material the editorial board may not share the views of the author.

Tbilisi, "keramika", Vol. 18. 1(35).2016
masalis gadabwvdvisas Jurnal is miTiteba aucil ebelia
ТБИЛИСИ, "КЕРАМИКА", Vol. 18. 1(35). 2016

При перепечатке ссылка на журнал обязательна

TBILISI, "CERAMICS", Vol. 18. 1(35). 2016

Reference of magazine is obligatory on reprinting

pirobiTi nabeWdi Tabaxi 3. tiraJi 50 egz., fasi saxel Sekrul ebo.

saqartvel os keramikosta asociacia, Tbilisi, kostavas 69, tel : 233-53-48, Sida 62-39,
E-mail: kowsiri@gtu.ge, z. kovzirize

<http://www.ceramics.gtu.ge>



<http://www.ceramics.gtu.ge>