

ბორის კარბიდის და ალუმინის ოქსიდის საფუძველზე მიღებული კომპოზიტის ელექტრული თვისებები

ზ. მესტვირიშვილი, თ. ჭეიშვილი, ზ. კოვზირიძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

შესწავლილია სხვადასხვა ტემპერატურაზე ცხლად წნეხვით მიღებული B4C-Al2O3 კომპოზიტის ელექტრული თვისებები. დადგინდა, რომ B4C-ის ჩანაცვლება α-Al2O3-ით ზრდის მიღებული მასალის ელექტროწინააღობას და განაპირობებს ელექტროწინააღობის ტემპერატურული კოეფიციენტის სიდიდის ცვლას, რაც შესაბამისობაშია რიგ თვისებებთან. მიღებული შედეგები გამოწვეულია მასალათა მიღების ტექნოლოგიური პარამეტრებით და მათი სტრუქტურული ტრანსფორმაციებით.

ცნობილია მრავალი სახის კერამიკული ძნელად დნობადი ნაერთი, რომლებსაც გააჩნიათ სასურველ თვისებათა კომპლექსი, რაც განსაზღვრავს მათი თანამედროვე ტექნიკაში გამოყენებას. ასეთ მასალათა რიცხვს მიეკუთვნება ბორის კარბიდი და მის ფუძეზე მიღებული კომპოზიციური მასალები. ბორის კარბიდის გამოყენება ეფუძნება მის მაღალ სისალეს (აბრაზიული და ცვეთამედეგი მასალები) და ამ თვისებების შენარჩუნების უნარს მაღალ ტემპერატურებზე, ქიმიურ ინერტულობას, ნახევარგამტარულ თვისებებს, ნეიტრონების შთანთქმის უნარს და სხვ. აღსანიშნავია ბორის კარბიდით ლითონების და ძნელდნობადი შენადნობების ლეგირების შესაძლებლობა [1].

ლიტერატურიდან ცნობილია, რომ ბორის კარბიდის გამოყენების სფეროებში არსებული თავისებურებანი განსაზღვრავს მის გამოყენებას ფხვნილის ან შეცხობილი (ცხლად დაწნეხილი) ნაკეთობის სახით. ამავე დროს ცნობილია ის პრობლემებიც, რომლებიც ახლავს ბორის კარბიდთან ნაწარმის მიღებას – ესენია მასალის ნაწილაკების დაბალი პლასტიურობა და შეცხობის უნარი (არაშეცხობადი მასალა). ორივე ფაქტორი კი აუცილებელს ხდის ნაწარმის მიღების პროცესის ჩატარებას მაღალ ტემპერატურაზე, რა დროსაც მოსალოდნელია ბორის კარბიდის დნობა. მოყვანილი ნაკლოვანებების აღმოსაფხვრელად მიზანშეწონილად მიიჩნევენ კომპლექსური ტექნოლოგიური მიდგომის გამოყენებას. კერძოდ, ბორის კარბიდის ნამზადის მიღება რეკომენდირებულია ცხლად წნეხვის მეთოდით (დაახლოებით 2000°C ტემპერატურა და 10-20 მპა წნევა) და შემადგენლობაში სხვადასხვა დანამატების შეყვანით. არსებული მონაცემების მიხედვით, მოყვანილი მიდგომით შესაძლებელი ხდება ბორის კარბიდის მიღების პროცესის ინტენსიფიკაცია და ამასთან მისი თვისებების გაუმჯობესება [1-3].

ჩატარებული კვლევის მიზანს წარმოადგენდა ბორის კარბიდის და სპეციალურად შერჩეული დანამატის საფუძველზე შედგენილ კომპოზიციაში მაღალი ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების (დაბალი ფორიანობა, შერჩევითი ელექტროთვისებები და ა.შ.) მქონე მასალის მიღების შესაძლებლობის დადგენა. ამისათვის შერჩეული იქნა კომპოზიცია ბორის კარბიდის და ალუმინის ოქსიდის საფუძველზე (შემდგომში BCA-მასალა), კერ-

ძოდ, მის შემადგენლობაში 83 მას.% ბორის კარბიდი (B4C, ფირმა „H.C.Starck“-ის წარმოება, გერმანია) და 15 მას.% ალუმინის ოქსიდი (α-Al2O3, ფირმა „Alcoa“-ს წარმოება, გერმანია), იტრიუმის და მაგნიუმის ოქსიდების მცირე დანამატებით (1მას%. Y2O3 და 1 მას.% MgO). BCA-მასალის მიღების ტექნოლოგიური პარამეტრები ნაჩვენებია ცხრ.1-ში, სადაც მიღების პირობებიდან წარმოდგენილია ცხლად წნეხვის ტემპერატურა, წნევა და დრო.

საკვლევი კომპოზიციური მასალის ჩამოყალიბებაზე (შესაბამისად თვისებებზე) შეცხობის პირობების დასადგენად შესწავლილი იქნა ელექტროწინააღობა და განხორციელდა მისი შედარება წყალშთანთქმასთან და ღია ფორიანობასთან. კვლევის ჩასატარებლად ცხლად წნეხვით მიღებული მასალის ნამზადებისაგან დამზადდა შესაბამისი ნიმუშები, რომელთა თვისებების დასადგენად გამოიყენებოდა ცნობილი მეთოდიკა [4-5].

კუთრი ელექტროწინააღობის (ρ) ტემპერატურული დამოკიდებულება (ოთახის ტემპერატურიდან 300°C-მდე), როგორც საწყისი B4C, ასევე სინთეზით მიღებული BCA-მასალისათვის მოყვანილია სურ.1-ზე. მიღებულ „ρ-T“ დამოკიდებულებათა მრუდების ურთიერთგანლაგებიდან გამომდინარე გამოიკვეთა შემდეგი კანონზომიერება: მასალათა (BCA) შეცხობის ტემპერატურის ზრდა იწვევს ელექტროწინააღობათა მნიშვნელობების გადანაცვლებას საწყის ინგრედიენტის (B4C) მნიშვნელობისაკენ, რაც განსაკუთრებით იკვეთება მაღალტემპერატურულ უბანზე (200-300°C). აღნიშნული მიდგევა „ρ-T“ მრუდების დახრის კუთხის ზრდით, ე.ი. ელექტროწინააღობის ტემპერატურული კოეფიციენტების (Δα) სიდიდეთა შორის არსებული სხვაობის ხარჯზე (ცხრ.2). Δα სიდიდეთა ზრდა და მისი შეცხობის ტემპერატურის ზრდასთან შესაბამისობა იმაზე უნდა მიუთითებდეს, რომ ერთნაირი შედგენილობის მასალის(BCA) შემთხვევაში, ელექტრომახასიათებლების ცვლილება გამოწვეულია მაღალ ტემპერატურაზე მასალის სტრუქტურული ცვლილებებით.

ელექტროთვისებებზე მასალათა სინთეზის პირობების გავლენის თაობაზე დამატებითი არგუმენტების მოძიების მიზნით განხორციელდა აღნიშნული პარამეტრების შედარება მასალათა წყალშთანთქმის და ღია ფორიანობის მნიშვნელობებთან, რომლებიც ცხრ.2-შია მოყვანილი.

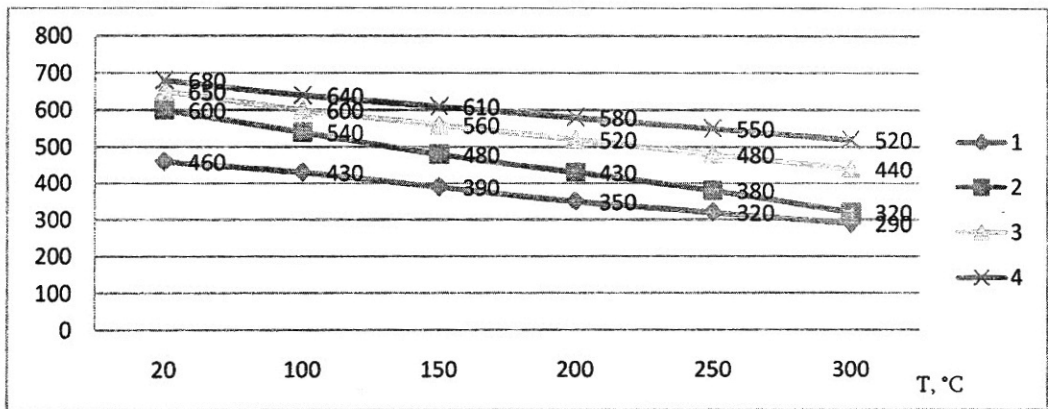
საკვლევი მასალის შედგენილობა და წნეხვის პარამეტრები

ცხრილი 1

№	მასალის ინდექსი (რიგითი №)	მასალის შედგენილობა*, მას.%		წნეხვის პარამეტრები (ტემპერატურა, წნევა და დრო)		
		B ₄ C	Al ₂ O ₃	T, °C	P, mpa	T
1	B ₄ C (1)	100	-	2150	25,0	10
2	BCA (2)	83	15	1950	28,5	15
3	BCA (3)	83	15	1850	35,7	20
4	BCA (4)	83	15	1700	39,0	25

(*) №2, №3 და №4 მასალის შედგენილობაში დამატებით არის 1 მას.% Y₂O₃ და 1 მას.% MgO

ρ, ომიმ



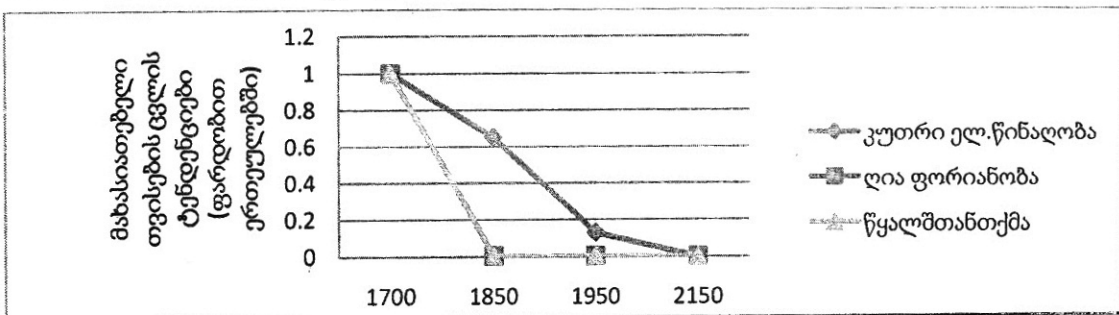
სურ.1. ბორის კარბიდის (B₄C) და BCA შედგენილობის მასალების კუთრი ელექტროწინალობის (ρ) ტემპერატურული დამოკიდებულება
აღნიშვნები: 1 -B₄C (ცხლად წნეხვა 2150°C-ზე); 2 -BCA (ცხლად წნეხვა 1950°C-ზე); 3 -BCA (ცხლად წნეხვა 1850°C-ზე); 4 -BCA (ცხლად წნეხვა 1700°C-ზე)

საკვლევი მასალის შედგენილობა და შეცხოების პირობები

ცხრილი 2

№	მასალის ინდექსი (რიგითი №)	კუთრი ელექტროწინალობა		ელ.წინალობის ტემპერატურული კოეფიციენტი (Δα), ომიმ/K	მასალის მახასიათებელი თვისებები	
		20°C	300°C		ღია ფორიანობა, %	წყალშთანთქმა, %
1	B ₄ C (1)	460	290	0,61	-	-
2	BCA (2)	600	320	1,00	0,04	0,015
3	BCA (3)	650	440	0,75	0,08	0,03
4	BCA (4)	680	520	0,57	18,70	9,00

მიღებული შედეგების გრაფიკულმა წარმოდგენამ გვიჩვენა, რომ ყველა BCA კომპოზიციურ მასალას თვისებათა ცვლის ტენდენციები ერთნაირი აქვს.



საკვლევი მასალების თვისებათა ცვლის განმსაზღვრელი კიდევ ერთი სავარაუდო მიზეზი შეიძლება იქნას განხილული, კერძოდ ელექტროწინაღობის ზრდა, რომელიც B_4C -დან კომბინირებულ BCA -შედგენილობებზე გადასვლისას ($BCA-2,3,4$; იხ. სურ.1.) შეიძლება გამოწვეული იყოს ნახევარგამტარული თვისებების მატარებელი B_4C -ის თითქმის $1/6$ ნაწილის „პასიური“ Al_2O_3 -ით ჩანაცვლებით. ამავე დროს, „ p - T “ დამოკიდებულებათა ამსახველი მრუდების ურთიერთგანლაგება (სურ.1, მრუდები 2,3,4) კიდევ ერთი დაშვების საშუალებას იძლევა - ტემპერატურის ზრდასთან ერთად შეიძლება აღვილი ჰქონდეს B_4C -ის ტრანსფორმაციით ბორის ანჰიდრიდის წარმოქმნას. ახალი ფაზური შედგენილობის წარმოქმნის ხარჯზე (B_2O_3 გამოირჩევა ელექტროიზოლაციური თვისებით, ასევე არის კარგი

მაღლობელი) არ შეიძლება გამოირიცხოს მისი აქტიური მონაწილეობა მიღებული მასალის სტრუქტურის და თვისებების ჩამოყალიბებაში. ასეთი მიდგომის (დაშვების) მეორე არანაკლებ მნიშვნელოვან მხარეს წარმოადგენს ის, რომ $B_4C-Al_2O_3$ კომპოზიციაში მოსალოდნელი ხდება ისეთი ალუმინბორატების წარმოქმნა ($2Al_2O_3 \cdot 2B_2O_3$ და $9Al_2O_3 \cdot 2B_2O_3$), რომლებიც ინკონგრუენტულად ღლევიან დაახლოებით 1035 და $1950^\circ C$ ტემპერატურაზე. არ შეიძლება გამოირიცხოს მასალათა სტრუქტურაში ალუმინბორატული მყარი ხსნარების წარმოქმნა, რაზეც არსებობს შესაბამისი მითითებები [6]. აქედან გამომდინარე $B_4C-Al_2O_3$ კომპოზიტში სტრუქტურული წყობის განმსაზღვრელი შეიძლება იქნას მიხნეული როგორც საწყისი შედგენილობა, ასევე ტემპერატურა.

ლიტერატურა

1. Косолапова Т.Я., Андреева Т.В., Бартицкая Т.Б и др. Неметаллические тугоплавкие соединения. Москва, Металлургия, 1985 г. 244 с.
2. Кипарисов С.С., Гуревич Б.Д. Современное состояние производства карбида бора и его применение. Москва, Цветметинформация, 1965 г. 68 с.
3. Тугоплавкие карбиды. Под ред. Самсонова Г.В. Киев, Наукова думка, 1970 г. 275 с.
4. Чешвили Т.Ш. Оценка протекающих на поверхности стекол процессов новой электроизмерительной ячейкой. Труды ГТУ, 2005 г, №4(458), с 45-49.
5. Лукин Е.С., Андрианов Ш.Т. Технический анализ и контроль производства керамики. Москва, Стройиздат, 1975 г. 271 с.
6. Торопов Н.А., Барзаковский В.П., Лапин В.В., Курцева Н.Н. Диаграммы состояния силикатных систем. Справочник. Вып. Первый, Москва, Наука, 1965 г. с 147.

ELECTRICAL PROPERTIES OF BORON CARBIDE AND ALUMINUM OXIDE BASED COMPOSITES

Z. Mestvirishvili., T. Cheishvili. Z. Kovziridze

Georgian Technical University

(SUMMARY)

Composite's electric attributes of $B_4C-Al_2O_3$ obtained via hot pressing in different temperature has been studied. It has been established that insertion of B_4C with $\alpha-Al_2O_3$ increases electric resistance of obtained material and changes the of value of electric resistance ratio, which is in a correspondence with various attributes. Obtained results are caused by parameters of obtained materials and their structural transformation.

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КАРБИДА БОРА И ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Мествиришвили З., Чешвили Т., Ковзиридзе З.

Грузинский Технический Университет

(РЕЗЮМЕ)

Исследована температурная зависимость электропроводности композита $B_4C-Al_2O_3$, полученного методом горячего вакуумного прессования.

Установлено, что замещение B_4C оксидом алюминия ($\alpha-Al_2O_3$) приводит к уменьшению электропроводности полученного материала и, следовательно, к изменению величины температурного коэффициента электропроводности.

Полученные данные обусловлены технологическими параметрами и структурной трансформацией горячепрессованного материала.