

Міжнародної науково-технічної конференції, 20–22 червня 2023 р. Київ: АТМ України, 2023. С.33-37

[2] Комарова Г.Л. Реновація деталей транспортного призначення шляхом застосування сучасних технологій. «Інтелектуальні транспортні технології», УкрДУЗТ, 2021. С.162-164

УДК 666.266.6.01

ВИСОКОМІЦНІ ВОГНЕСТІЙКІ СКЛОКРИСТАЛІЧНІ МАТЕРІАЛИ ТЕХНІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

HIGH-RESISTANCE FIRE-RESISTANT GLASS CRYSTALLINE MATERIALS FOR TECHNICAL PURPOSES

канд. тех. наук С.О. Рябінін, канд. тех. наук А.В. Захаров

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків)

S.O. Riabinin PhD (Tech.), A.V. Zakharov PhD (Tech.)

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (Kharkiv)

Стрімкий розвиток технологій, науки та техніки суттєво розширює області застосування склокристалічних матеріалів з урахуванням аспектів енерго- та ресурсозбереження та екологічних факторів при їх виробництві та експлуатації [1]. Цим пояснюється необхідність створення нових видів склокристалічних матеріалів. Необхідність розробки принципово нових функціональних матеріалів з високими експлуатаційними властивостями, зокрема, високою ударо- та термостійкістю продиктована попитом ринку.

Для України важливість актуальної проблеми створення нових високоміцних матеріалів значно зросла в останній час у зв'язку з веденням бойових дій. На сьогодні відомі керамічні бронееlementи: карбід кремнію, корунд, сапфір, шпінель, оксинітрид алюмінію характеризуються достатнього складною технологією виробництва та високою вартістю [2]. Тому для захисту спеціального обладнання необхідним є пошук нових підходів, у напрямку розробки надійних ударостійких бронееlementів зі зниженою вартістю, щільністю та високою технологічністю. Ефективним рішенням проблем оборонного та технічного характеру є створення матеріалів з високою ударо- та вогнестійкістю на основі склокристалічних матеріалів, які одержують в умовах низькотемпературної термічної обробки з використанням вітчизняної сировини.

Досягнення вказаних вимог може бути реалізовано шляхом забезпечення високої структурної міцності склокристалічних матеріалів за рахунок вибору необхідного складу вихідних композицій стекол та формування в них в процесі низькотемпературної термообробки нано- та мікроструктури на основі високоміцних кристалічних сполук. Формування високоміцної ситалізованої структури з наявністю β -сподумену може бути досягнуто в склокерамічних матеріалах на основі літійтіалюмосиліканих стекол за рахунок протікання тонкодисперсної об'ємної кристалізації скла [3, 4], що і склало тему даної роботи.

Одержані сподуменвмісні склокристалічні матеріали були синтезовані на основі літійалюмосилікатної системи та відрізняються структурою та властивостями. Склокерамічні матеріали на основі розроблених стекол були отримані за скляною та керамічною технологіями. Було розроблено технологічні параметри одержання склокристалічних матеріалів на основі вихідного скла СП-10 за керамічною технологією за методами пресування, шлікерного лиття, термопластичного формування, з наступною двостадійною термообробкою за наступним режимом: I стадія – температура (Т) 550 °С, тривалість (τ) 4 год; II стадія Т – 850 °С, τ – 4 год [5].

Зважаючи на особливий вплив процесу формування структури дослідних літійалюмосилікатних скломатеріалів на ТКЛР, було встановлено особливості їх кристалізації при термічній обробці. За результатами попередніх досліджень встановлено, що визначальним фактором забезпечення низьких значень ТКЛР ($\alpha = (20,78-25,2) \cdot 10^{-7}$ град⁻¹) модельних стекол серії СП (система $R_2O - LiF - CaF_2 - RO - RO_2 - R_2O_3 - P_2O_5 - SiO_2$, де $R_2O - Na_2O, Li_2O, K_2O$; $RO - CaO, MgO, ZnO$; $RO_2 - ZrO_2, TiO_2, SnO_2, CeO_2, MnO_2$; $R_2O_3 - Al_2O_3, B_2O_3$) поряд з вмістом у їх структурі оксидів цинку, цирконію та бору є кристалізація β -сподумену в процесі термічної обробки у кількості 50–80 об. % при вмісті оксиду літію в межах 6,0–8,0 мас. % [6]

З урахуванням проведених попередніх досліджень механічних властивостей стекол серії СП встановлено, що для склокристалічних матеріалів СП-10 забезпечення твердості за Віккерсом $HV = 8,90$ ГПа, та в'язкості руйнування $K_{IC} = 3,4$ МПа·м^{1/2} відповідно дозволить використовувати їх при розробці захисних високоміцних матеріалів у складі композиційних бронееlementів.

Дослідні ситали СП-10 характеризуються високими показниками електроопору $\rho_v = 31,6 \cdot 10^{10}$ Ом·м та збільшеним поверхневим опором $\rho_s = 6,9 \cdot 10^{14}$ Ом, що можливо є наслідком направленої кристалізації під час низькотемпературної короткотривалої двостадійної термічної обробки.

Також встановлені електричні параметри $tg\delta = 0,02$, $\varepsilon = 15,04$ при $f = 10^3$ Гц; $tg\delta = 0,015$, $\varepsilon = 17,7$ при $f = 10^5$ Гц; $tg\delta = 0,005$, $\varepsilon = 4,75$ при $f = 10^{10}$ Гц в поєднанні з електричною міцністю на рівні $E = 28$ МВ/м при 20 °С та 50 Гц, що є більшою за міцність електрофарфору при формуванні високоміцної ситалізованої структури розроблених матеріалів на основі β -сподумену дозволяє забезпечити їх високі термічні ($\alpha \cdot 10^7 = 20,83$ град⁻¹, вогнестійкість $RE 90$ (h)) та механічні (твердість за Віккерсом $HV = 8,90$ ГПа, в'язкість руйнування $K_{IC} = 3,4$ МПа·м^{1/2}) дозволить їх ефективно використовувати в умовах високих навантажень для швидкої та якісної заміни існуючих застарілих матеріалів для обладнання та техніки в якості діелектриків для електронної та радіоапаратури, та в якості електричної ізоляції навантажених частин електрообладнання при високих температурах, або можливій дії відкритого полум'я.

[1] Структура та властивості склокристалічних матеріалів: монографія / Л.Л. Брагіна, О.В. Саввова, О.В. Бабіч, Ю.О. Соболь. – Харків: ООО "Компанія СМІТ", 2016. – 253 с.

[2] The Science of Armour Materials / Edited by Ian G. Crouch. – Duxford: Woodhead Publishing, 2016. – 754 p.

[3] Savvova, O. Development of glass-ceramic high-strength material for personal armor protection elements / O Savvova, L. Bragina, G. Voronov, Y. Sobol, O. Babich, O. Shalygina, M. Kuriakin // Chemistry & Chemical Technology. – 2017. – Vol. 11, No.2 – P.214-219. – doi:10.23939/chcht11.02.214.

- [4] Саввова О.В. Інноваційні напрямки розробки високоміцних прозорих склокристалічних матеріалів захисної дії / О.В. Саввова, О.В. Бабіч, В.Л. Топчий, С.О. Рябінін / Наука і оборона. – №3/4. –2017. – С. 73 –78.
- [5] Savvova O. High-strength spodumene glass-ceramic materials / O. Savvova, O. Babich, G. Voronov, S. Ryabinin // Strength of materials, Vol. 49, № 3 (2017). – P. 479 – 486.
- [6] Savvova O. High-strength spodumene glass-ceramic materials / O. Savvova, O. Babich, G. Voronov, S. Ryabinin // Strength of materials, Vol. 49, № 3 (2017). – P. 488 – 495.

УДК 621.729.92

ВПЛИВ ІОННО-ПЛАЗМОВОГО АЗОТУВАННЯ НА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ПОРОШКОВОЇ СТАЛІ К390

THE EFFECT OF IONE-PLASMA NITRIDING ON WEAR RESISTANCE OF A POWDER STEEL OF K390 GRADE

*докт. техн. наук В.Г. Єфременко¹, Ph.D. И. Петришинец²,
канд. техн. наук Ю.Г. Чабак¹, канд. техн. наук Б.В. Єфременко¹*
¹«Приазовський державний технічний університет» (м. Маріуполь, Україна)
²«Інститут матеріалознавства АН Словаччини» (м. Кошице, Словаччина)

Efremenko V.G.¹, Petryshynets I.², Chabak Yu.G.¹, Efremenko B.V.¹
¹«Pryazovskyi State Technical University» (Mariupol, Ukraine)
²«Institute of Materials Research of Slovak Academy of Science» (Kosice, Slovakia)

Порошкова сталь «К390 Microclean» виробництва «Buhler» (хімічний склад: 2,3 % С; 0,5 % Si; 4 % Cr; 1,8 % Мо; 8-9 % V; 0,8-1,0 % W; 1-1,5 % Со) використовується для виготовлення важконавантаженого штампового та ріжучого інструмента. В роботі вивчали можливість додаткового підвищення експлуатаційної довговічності сталі за рахунок структурно-хімічної модифікації її поверхневих шарів. Для цього використали азотування в «тліючому» розряді за режимом: температура нагріву – 500-520 °С, тривалість – 22 год; газове середовище: суміш 40 % N₂ та 60 % Ar; витрата газу – 0,56 л/хв; напруга – 350 В; сила струму – 3 А. Для азотування використали зразки сталі К390 в стані постачання (твердість сталі – 250 НV₂₀); їх структура складалась із зернистих карбідів МС та М₇С₃, розподілених у феритній матриці. На рисунку 1 представлено зображення азотованого шару, що виник в результаті проведеної обробки.