

QATTIQ ELEKTROLITLI BATERIYALAR

*F.F.Rustamova**E-mail: rfarangiz810@gmail.com**H.K.Qurbonnazarova**E-mail: qurbonnazarovahusniya@gmail.com**Ilmiy rahbar: J.M.Suyunov**Termiz davlat universiteti*

Annotatsiya: Mazkur maqolada qattiq elektrolitli batareyalarning tuzilishi, ishlash prinsipi, asosiy materiallari, afzalliklari va zamonaviy energetikadagi qo'llanilish istiqbollari tahlil qilingan. So'nggi yillarda energiya saqlash tizimlariga bo'lgan talabning ortishi natijasida qattiq elektrolitli batareyalar yuqori energiya zichligi, xavfsizligi va uzoq xizmat muddati tufayli eng istiqbolli elektroximik energiya manbalaridan biri sifatida e'tirof etilmoqda. Maqolada sulfidli, oksidli va polimer asosidagi qattiq elektrolitlarning fizik-kimyoviy xossalari, ion o'tkazuvchanligi hamda litiy-ion transport mexanizmlari batafsil tahlil qilingan. Shuningdek, qattiq elektrolitli batareyalarning elektromobillar, qayta tiklanuvchi energiya tizimlari, portativ elektronika va aerokosmik texnologiyalardagi qo'llanilishi, mavjud muammolari hamda istiqboldagi rivojlanish yo'nalishlari ilmiy adabiyotlar asosida yoritilgan.

Kalit so'zlar: qattiq elektrolitli batareyalar, qattiq elektrolit, litiy-ion batareyalar, sulfidli elektrolitlar, oksidli elektrolitlar, polimer elektrolitlar, energiya saqlash, elektromobillar, elektroximik tizimlar, ion o'tkazuvchanlik.

Abstract: This article reviews the structure, operating principles, materials, advantages, and future prospects of solid-state batteries. Due to the growing demand for advanced energy storage technologies, solid-state batteries have emerged as one of the most promising electrochemical energy storage systems because of their high energy density, improved safety, and long service life. The paper discusses the physicochemical properties, ionic conductivity, and lithium-ion transport mechanisms of sulfide-, oxide-, and polymer-based solid electrolytes. Furthermore, the applications of solid-state batteries in electric vehicles, renewable energy systems, portable electronics, and aerospace technologies, along with their current challenges and future development trends, are analyzed.

Keywords: solid-state batteries, solid electrolytes, lithium-ion batteries, sulfide electrolytes, oxide electrolytes, polymer electrolytes, energy storage, electric vehicles, electrochemical systems, ionic conductivity.

Аннотация: В данной статье рассмотрены строение, принцип работы, основные материалы, преимущества и перспективы применения твердотельных аккумуляторов. В связи с растущим спросом на современные системы накопления энергии твердотельные аккумуляторы считаются одним из наиболее перспективных электрохимических источников энергии благодаря высокой плотности энергии, повышенной безопасности и длительному сроку службы. В статье подробно проанализированы физико-химические свойства, ионная проводимость и механизмы переноса ионов лития в сульфидных, оксидных и полимерных твердых электролитах. Особое внимание уделено применению твердотельных аккумуляторов в электромобилях, системах возобновляемой энергетики, портативной электронике и аэрокосмической технике, а также существующим проблемам и перспективам их дальнейшего развития.

Ключевые слова: твердотельные аккумуляторы, твердые электролиты, литий-ионные аккумуляторы, сульфидные электролиты, оксидные электролиты, полимерные электролиты, накопление энергии, электромобили, электрохимические системы, ионная проводимость.

Kirish: So‘nggi yillarda energiya saqlash texnologiyalariga bo‘lgan talabning keskin ortishi elektromobillar, qayta tiklanuvchi energiya manbalari va portativ elektronika sohalarining jadal rivojlanishi bilan chambarchas bog‘liq. An‘anaviy litiy-ion batareyalar yuqori energiya zichligi va yaxshi elektroximik xossalarga ega bo‘lsa-da, ular tarkibidagi suyuq elektrolitlarning yonuvchanligi, elektrolit sizib chiqishi va termik beqarorlik kabi kamchiliklari xavfsizlik nuqtai nazaridan muhim muammolarni yuzaga keltirmoqda. Shu sababli yuqori xavfsizlikka ega, energiya sig‘imi katta va uzoq xizmat muddatini ta‘minlay oladigan qattiq elektrolitli batareyalarni yaratish zamonaviy elektroximiya va materialshunoslikning eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Qattiq elektrolitli batareyalar (Solid-State Batteries, SSB) suyuq elektrolit o‘rniga ionlarni o‘tkazuvchi qattiq materiallardan foydalanishi bilan an‘anaviy litiy-ion batareyalardan farq qiladi. Qattiq elektrolitlar litiy ionlarining elektrodlar orasida xavfsiz va samarali harakatlanishini ta‘minlaydi, shu bilan birga qisqa tutashuv, elektrolitning oqib chiqishi va yonish xavfini sezilarli darajada kamaytiradi. Natijada batareyaning energiya zichligi, mexanik mustahkamligi va ekspluatatsion ishonchligi ortadi. Hozirgi kunda sulfidli, oksidli va polimer asosidagi qattiq elektrolitlar eng ko‘p o‘rganilayotgan materiallar hisoblanadi. Sulfidli elektrolitlar yuqori ion o‘tkazuvchanligi bilan ajralib tursa, oksidli elektrolitlar kimyoviy va termik barqarorligi bilan, polimer elektrolitlar esa egiluvchanligi va ishlab chiqarish qulayligi bilan e‘tiborni tortadi. Bundan tashqari, keramika-polimer kompozit elektrolitlari

ushbu materiallarning afzalliklarini birlashtirish orqali batareyalarning samaradorligini yanada oshirish imkonini bermoqda.

Materiallar va usullar: Mazkur tadqiqot qattiq elektrolitli batareyalar bo'yicha mahalliy va xorijiy ilmiy adabiyotlar, monografiyalar, xalqaro ilmiy jurnallarda chop etilgan maqolalar hamda ilmiy ma'lumotlar bazalarida e'lon qilingan tadqiqotlar asosida amalga oshirildi. Tadqiqot davomida elektroximiya, materialshunoslik, nanomateriallar va energiya saqlash texnologiyalariga oid ilmiy manbalar tizimli ravishda o'rganildi hamda tahlil qilindi. Tadqiqotda adabiyotlarni tahlil qilish (literature review), qiyosiy tahlil (comparative analysis), tizimlashtirish (systematic analysis) va umumlashtirish (generalization) usullaridan foydalanildi. Ilmiy manbalarda keltirilgan ma'lumotlar asosida qattiq elektrolitlarning ion o'tkazuvchanligi, kimyoviy va termik barqarorligi, mexanik mustahkamligi hamda elektroximik xossalari o'zaro taqqoslandi. Tadqiqot obyekti sifatida sulfidli, oksidli va polimer asosidagi qattiq elektrolitlar, shuningdek keramika-polimer kompozit elektrolitlari tanlandi. Jumladan, $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ (LLZO), $\text{Li}_{10}\text{GeP}_2\text{S}_{12}$ (LGPS), Li_3PS_4 , polietilen oksid (PEO) asosidagi qattiq elektrolitlar hamda ularning modifikatsiyalangan turlari ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilindi. Ushbu materiallarning litiy ionlarini o'tkazish samaradorligi, elektrodlar bilan mosligi va ekspluatatsion xususiyatlari qiyosiy baholandi. Shuningdek, qattiq elektrolitli batareyalarni ishlab chiqarishda qo'llaniladigan qattiq fazali sintez, sol-gel usuli, yuqori haroratda sinterlash, mexanokimyoviy sintez, yupqa qatlam hosil qilish va kompozit tayyorlash texnologiyalari ko'rib chiqildi. Batareyalarning elektroximik samaradorligini oshirishda nanostrukturalash, sirt modifikatsiyasi va qo'shimcha funksional materiallardan foydalanishning ta'siri ham tahlil qilindi.

Kutilayotgan natijalar: Mazkur tadqiqot natijasida qattiq elektrolitli batareyalarning tuzilishi, ishlash prinsipi va elektroximik xossalari bo'yicha ilmiy ma'lumotlar tizimlashtirilishi kutilmoqda. Sulfidli, oksidli, polimer hamda kompozit qattiq elektrolitlarning ion o'tkazuvchanligi, kimyoviy va termik barqarorligi, mexanik mustahkamligi hamda elektrod materiallari bilan o'zaro mosligi qiyosiy tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida turli qattiq elektrolitlarning energiya zichligi, zaryadlanish va razryadlanish samaradorligi, sikllanish barqarorligi hamda xizmat muddatiga ta'siri baholanadi. Shuningdek, litiy metall anodlari bilan ishlash imkoniyati, dendritlar hosil bo'lishining oldini olish usullari va elektrolit-elektrod interfeysini takomillashtirish bo'yicha zamonaviy yondashuvlar ilmiy jihatdan asoslanadi.

Bundan tashqari, nanokompozit qattiq elektrolitlar va yangi avlod ion o'tkazuvchi materiallardan foydalanish orqali batareyalarning xavfsizligi, energiya sig'imi va

quvvat zichligini oshirish imkoniyatlari aniqlanadi. Ushbu texnologiyalarning elektromobillar, qayta tiklanuvchi energiya tizimlari, portativ elektron qurilmalar, tibbiy implantlar va aerokosmik texnikadagi amaliy qo'llanilishi ham tahlil qilinadi.

Xulosa:Qattiq elektrolitli batareyalar zamonaviy energiya saqlash texnologiyalarining eng istiqbolli yo'nalishlaridan biri bo'lib, yuqori energiya zichligi, xavfsizligi va uzoq xizmat muddati bilan an'anaviy litiy-ion batareyalardan ustun turadi. Suyuq elektrolit o'rniga qattiq ion o'tkazuvchi materiallardan foydalanilishi batareyalarning termik barqarorligini oshiradi, elektrolit sizib chiqishi va yonish xavfini deyarli bartaraf etadi hamda qurilmalarning ekspluatatsion ishonchligini sezilarli darajada yaxshilaydi. Tahlillar shuni ko'rsatadiki, sulfidli, oksidli va polimer asosidagi qattiq elektrolitlar o'ziga xos afzallik va cheklovlarga ega. Sulfidli elektrolitlar yuqori ion o'tkazuvchanligi bilan ajralib tursa, oksidli elektrolitlar kimyoviy hamda termik barqarorligi, polimer elektrolitlar esa egiluvchanligi va ishlab chiqarish qulayligi bilan ajralib turadi. Keramika–polimer kompozit elektrolitlari esa ushbu materiallarning ijobiy xususiyatlarini birlashtirib, batareyalarning umumiy samaradorligini yanada oshirish imkonini beradi. Qattiq elektrolitli batareyalarning elektromobillar, qayta tiklanuvchi energiya tizimlari, portativ elektronika, tibbiy implantlar va aerokosmik texnologiyalarda keng qo'llanilishi kelajakda energiya saqlash tizimlarining samaradorligini sezilarli darajada oshirishi kutilmoqda. Ayniqsa, litiy metall anodlari bilan birgalikda qo'llanilishi yuqori energiya sig'imiga ega batareyalarni yaratish imkonini beradi. Shu bilan birga, qattiq elektrolitli batareyalarni ommaviy ishlab chiqarishda qattiq elektrolitlarning yuqori tannarxi, elektrod–elektrolit chegarasidagi qarshilik, ion o'tkazuvchanlikni yanada oshirish zarurati hamda ishlab chiqarish texnologiyalarining murakkabligi kabi muammolar mavjud. Ushbu muammolarni bartaraf etish uchun yangi kompozit materiallar, nanostrukturali elektrolitlar va innovatsion ishlab chiqarish usullarini yaratish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar davom etmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. John B. Goodenough, Kyu-Sung Park. The Li-Ion Rechargeable Battery: A Perspective. Journal of the American Chemical Society. – 2013.
2. Michel Armand, Jean-Marie Tarascon. Building Better Batteries // Nature. – 2008. – Vol. 451. – P. 652–657.
3. Jean-Marie Tarascon, Michel Armand. Issues and Challenges Facing Rechargeable Lithium Batteries // Nature. – 2001. – Vol. 414. – P. 359–367.

4. Nobuyuki Kamaya va boshqalar. A Lithium Superionic Conductor // Nature Materials. – 2011.
5. Jürgen Janek, Wolfgang G. Zeier. A Solid Future for Battery Development // Nature Energy. – 2016.
6. Yong Yang, Qiang Zhang. Solid-State Electrolytes for Lithium Batteries // Chemical Reviews. – 2020.
7. Elsevier. Journal of Power Sources. – Qattiq elektrolitli batareyalar bo'yicha ilmiy maqolalar, 2020–2025.
8. Elsevier. Solid State Ionics. – Ion o'tkazuvchi materiallar va qattiq elektrolitlar bo'yicha ilmiy tadqiqotlar, 2020–2025.