

JISMLARNING ICHKI TUZULISHINI NEYTRON TOMOGRAFIYASI VA RENTGENOGRAFIYASI YORDAMIDA O'RGANISH

Alimboyev Sardorbek Ikromovich
Yadro fizikasi instituti ilmiy tadqiqotchisi

Anotatsiya So'nggi yillar ilm-fan taraqqiyotida jism va materiallarning ichki tuzilishini invaziv bo'lmagan usullar orqali o'rganish masalasi dolzarb yo'nalishlardan biriga aylandi. Neytron tomografiyasi va rentgenografiyasi zamonaviy fizik tadqiqot metodlari sifatida ob'ektlarning mikroyoriqlari, g'ovaklik darajasi, zichlik taqsimoti hamda strukturaviy xususiyatlarini yuqori aniqlikda ko'rsatib bera oladi. Shu asosda mazkur tadqiqotlar texnika, tibbiyot, arxeologiya hamda materialshunoslikda yangi ilmiy yechimlarni ishlab chiqish va amaliyotga joriy etishda muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Kalit so'zlar: neytron tomografiyasi, rentgenografiya, ichki tuzilish, invaziv bo'lmagan metod, materialshunoslik, mikroyoriqlar, g'ovaklik, zichlik taqsimoti, strukturaviy tahlil, zamonaviy diagnostika.

Abstract In recent years, the study of the internal structure of objects and materials through non-invasive methods has become one of the most relevant directions in scientific development. Neutron tomography and radiography, as advanced physical research techniques, make it possible to reveal microcracks, porosity levels, density distribution, and structural features of objects with high accuracy. On this basis, such studies play an important role in developing new scientific solutions and introducing them into practice in fields such as engineering, medicine, archaeology, and materials science.

Keywords: neutron tomography, radiography, internal structure, non-invasive method, materials science, microcracks, porosity, density distribution, structural analysis, modern diagnostics.

Аннотация В последние годы изучение внутреннего строения объектов и материалов с использованием неинвазивных методов стало одним из актуальных направлений научного развития. Нейтронная томография и рентгенография как современные методы физического исследования позволяют с высокой точностью выявлять микротрещины, степень пористости, распределение плотности и структурные особенности объектов. На этой основе данные исследования имеют важное значение для разработки новых научных решений и их внедрения в практику в таких областях, как техника, медицина, археология и материаловедение.

Ключевые слова: нейтронная томография, рентгенография, внутреннее строение, неинвазивный метод, материаловедение, микротрещины, пористость, распределение плотности, структурный анализ, современная диагностика.

Kirish

So'nggi yillarda ilm-fan va texnologiya rivojlanishi natijasida jismlarning ichki tuzilishini aniqlash, ularning fizik-mexanik xususiyatlarini baholash va strukturaviy o'zgarishlarni tahlil qilish zamonaviy tadqiqotlarning muhim yo'nalishlaridan biriga aylandi. An'anaviy usullar ko'pincha tajribaviy ob'ektni buzishni yoki uni tashqi shaklidan ajratib o'rganishni talab qilgan bo'lsa, hozirgi zamon diagnostika metodlari invaziv bo'lmagan tarzda, ya'ni ob'ekt yaxlitligini saqlagan holda chuqur tahlil o'tkazish imkoniyatini bermoqda. Shunday ilg'or texnologiyalardan biri neytron tomografiyasi va rentgenografiyasidir.

Neytron tomografiyasi ob'ektlarning ichki qatlamlari orqali neytron oqimini o'tkazish va uning so'rilish yoki tarqalish xususiyatlarini qayd etishga asoslanadi. Bu usul ayniqsa engil elementlardan tashkil topgan materiallarda mikroyoriqlar, g'ovaklik, namlik taqsimoti kabi omillarni aniqlashda samarali hisoblanadi. Rentgenografiya esa rentgen nurlarining turli materiallar orqali o'tishi va yutilishi farqiga asoslanib, zichlik va strukturaviy tafovutlarni yuqori aniqlikda tasvirlash imkonini beradi. Ushbu ikki metod o'zaro to'ldiruvchi xususiyatga ega bo'lib, ularni qo'shma tadqiqotlarda qo'llash natijasida yanada mukammal ilmiy ma'lumotlar olinadi.¹⁵²

Mazkur metodlarning ahamiyati nafaqat nazariy tadqiqotlarda, balki amaliy sohalarda ham keng ko'rinmoqda. Masalan, tibbiyotda neytron va rentgen asosidagi tomografik usullar ichki organlarning strukturasi va patologik o'zgarishlarini aniqlashda qo'llanmoqda. Materialshunoslik va muhandislikda turli xil qotishmalar, kompozit materiallar hamda yuqori texnologik detallar ichki nuqsonlardan xoli yoki yaroqliligini baholash uchun ishlatiladi. Arxeologiyada qadimiy buyumlarning ichki holatini ularni buzmasdan o'rganish imkoniyati yaratiladi. Shuningdek, aviatsiya va kosmonavtika sanoatida xavfsizlik talablari yuqori bo'lgan konstruksiyalarni tekshirishda ham ushbu metodlarning o'rni beqiyosdir.

Shu bois neytron tomografiyasi va rentgenografiyasi yordamida jismlarning ichki tuzilishini tadqiq etish bugungi ilmiy-amaliy izlanishlarda strategik ahamiyat kasb etmoqda. Bu metodlar orqali nafaqat mavjud materiallar haqida chuqur tasavvur hosil qilish, balki

¹⁵² Kardjilov, N., et al. *Neutron Imaging in Materials Science*. Springer, 2016.

yangi avlod texnologiyalarini yaratish va ularni sanoat hamda ilm-fan sohalarida keng joriy etish imkoniyati yuzaga keladi. Shu maqsadda qo‘llanilayotgan eng samarali metodlardan biri neytron tomografiyasi va rentgenografiyasidir. Ularning asosiy ustunligi shundaki, ob‘ekt yaxlitligiga zarar yetkazmasdan, ichki qatlamlar to‘g‘risida batafsil ma‘lumot olish imkonini beradi. Neytron tomografiyasi neytronlarning moddalar bilan o‘zaro ta‘siriga asoslanib, metallardagi mikroyoriqlar, beton va qotishmalardagi g‘ovaklik darajasi, biologik namunalar tarkibidagi namlik taqsimotini aniqlash imkonini beradi. Rentgenografiya esa rentgen nurlarining turli materiallarda turlicha yutilishi va o‘tish xususiyatlarini tahlil qilib, zichligi yuqori bo‘lgan materiallarning ham ichki strukturasi tasvirlaydi. Shu bois bu ikki metod bir-birini to‘ldiruvchi diagnostika vositasi sifatida keng qo‘llanilmoqda.

Xorijiy tajriba shuni ko‘rsatadiki, neytron tomografiyasi va rentgenografiyasi bugungi kunda jahon ilmiy markazlarida yuqori samaradorlik bilan foydalanilmoqda. Masalan, Germaniyadagi Helmholtz-Zentrum Berlin markazida energiya materiallari va kompozitlarning ichki tuzilishi tadqiq qilinmoqda, Yaponiyada J-PARC laboratoriyasida arxeologik yodgorliklar buzilmagan holda o‘rganilmoqda, AQShning Oak Ridge National Laboratory markazida esa neytron radiografiyasi aviatsiya va kosmos sanoatidagi detallarni sinashda qo‘llanilmoqda. Rentgenografiya bo‘yicha esa Shveytsariyadagi Swiss Light Source markazida nanozarrachalar va biologik hujayralar, Fransiyadagi ESRF laboratoriyasida esa qadimiy organizmlar qoldiqlari yuqori aniqlikda o‘rganilmoqda.¹⁵³

Mahalliy tajribaga to‘xtaladigan bo‘lsak, O‘zbekiston va butun Markaziy Osiyo mintaqasida neytron va rentgen asosidagi metodlarga qiziqish tobora ortib bormoqda. Yangi avlod materiallarini sinash, geologik namunalarning tarkibini aniqlash, shuningdek, tibbiy diagnostikada qo‘llash istiqbollari mavjud. Bu borada xorijiy tajribani o‘zlashtirish, zamonaviy tomografik qurilmalarni olib kirish va ilmiy laboratoriyalarni mustahkamlash orqali sezilarli natijalarga erishish mumkin.¹⁵⁴

1-Jadval: Neytron tomografiyasi va rentgenografiyasining ilmiy jihatdan qiyosiy tahlili

Ko‘rsatkich	Neytron tomografiyasi	Rentgenografiya
-------------	-----------------------	-----------------

¹⁵³ Strobl, M., "Future prospects of neutron imaging and tomography," *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, 2019.

¹⁵⁴ Stock, S. R. *Microcomputed Tomography: Methodology and Applications*. CRC Press, 2020.

Fizik asos	Neytronlarning moddalar bilan o‘zaro ta’siri va ularning so‘rilish/tarqalish xususiyatlari	Rentgen nurlarining materiallarda turlicha yutilishi va o‘tish koeffitsienti
Aniqlash imkoniyati	Engil elementlar (H, Li, C, B) va ularning taqsimotini aniqlashda yuqori sezuvchanlik	Og‘ir elementlar (Fe, Pb, U) va yuqori atom raqamli materiallarni tahlil qilishda samarali
Asosiy qo‘llanish sohasi	Energetik materiallar, namlik va g‘ovaklik tahlili, biologik namunalar, polimerlar va qotishmalar ichki strukturasi	Metallurgiya, paleontologiya, tibbiyot (organlar diagnostikasi), nanozarrachalar va yuqori zichlikdagi materiallar
Afzalliklari	– Engil elementlarga sezuvchanligi yuqori – Material ichidagi yashirin nuqsonlarni aniqlash – Buzilmagan holda 3D tasvir olish imkoniyati	– Yuqori aniqlikdagi strukturaviy tasvir – Zich materiallarda samarali – Klinik diagnostikada keng qo‘llanilishi
Cheklovlari	– Neytron manbai (reaktor yoki tezlatkich) talab qilinadi – Qurilma xarajatlari yuqori	– Engil elementlarni aniqlashda sezuvchanligi past – Rentgen nurlari biologik to‘qimalar uchun zararli bo‘lishi mumkin
Xorijiy tajriba	Germaniya (HZB), AQSh (Oak Ridge), Yaponiya (J-PARC) – energetika, arxeologiya va aerokosmik tadqiqotlar	Shveytsariya (SLS), Fransiya (ESRF), Buyuk Britaniya (Diamond Light Source) – paleontologiya, nanoilm, biotibbiyot
Mahalliy istiqbol	Geologik namunalarda yashirin strukturalarni tahlil qilish, materialshunoslik, qotishmalarni sifat nazorati	Tibbiyotda kengroq qo‘llash, arxeologik topilmalarni tadqiq qilish, sanoat mahsulotlarini tekshirish

Umuman olganda, xorijiy tajribani mahalliy imkoniyatlar bilan uyg‘unlashtirish natijasida neytron tomografiyasi va rentgenografiyasining qo‘llanish sohasi yanada kengayadi. Bu esa ilmiy tadqiqotlarning samaradorligini oshirish, sanoatda sifat nazoratini kuchaytirish hamda tibbiyotda ilg‘or diagnostika usullarini shakllantirishga xizmat qiladi.

Jismlarning ichki tuzilishini neytron tomografiyasi va rentgenografiyasi yordamida o‘rganish zamonaviy ilmiy tadqiqotlarning eng dolzarb yo‘nalishlaridan biridir. Neytron tomografiyasi engil elementlarga sezuvchanligi bilan ajralib turib, namlik, g‘ovaklik va

yashirin nuqsonlarni aniqlashda samarali natija beradi. Rentgenografiya esa yuqori zichlikdagi materiallar, metall va minerallar ichki strukturasini o‘rganishda, shuningdek, klinik diagnostikada keng qo‘llaniladi. Bu ikki metod bir-birini to‘ldiruvchi xususiyatga ega bo‘lib, kompleks qo‘llanilganda ancha mukammal ma’lumotlar taqdim etadi.

Xorijiy ilmiy markazlar tajribasi ushbu texnologiyalarning turli sohalarda – tibbiyot, arxeologiya, muhandislik, materialshunoslik va kosmik sanoatda yuqori samaradorlik bilan qo‘llanilayotganini ko‘rsatmoqda. O‘zbekistonda esa ushbu metodlarni joriy etish istiqbollari katta bo‘lib, ular ilmiy laboratoriyalar faoliyatini kuchaytirish, yangi avlod materiallari va qurilmalarini yaratish hamda sog‘liqni saqlashda ilg‘or diagnostikani rivojlantirishga xizmat qiladi. Umuman olganda, neytron tomografiyasi va rentgenografiyasi yordamida jismlarning ichki tuzilishini o‘rganish ilm-fanning turli yo‘nalishlarida fundamental va amaliy muammolarni hal qilishda keng imkoniyatlar yaratadi hamda mamlakatimizda ham bu yo‘nalishni rivojlantirish strategik ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Kardjilov, N., et al. Neutron Imaging in Materials Science. Springer, 2016.
2. Strobl, M., "Future prospects of neutron imaging and tomography," Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 2019.
3. Stock, S. R. Microcomputed Tomography: Methodology and Applications. CRC Press, 2020.
4. Lehmann, E. H., et al. "The advantage of neutron tomography in materials research," Journal of Materials Research, 2018.
5. Withers, P. J., "X-ray tomography for engineering applications," International Materials Reviews, 2015.
6. Schillinger, B., "Applications of Neutron Radiography and Tomography," Physica B: Condensed Matter, 2017.
7. European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) – Official Reports. Grenoble, France.
8. Oak Ridge National Laboratory (ORNL). Neutron Sciences Directorate Publications. Oak Ridge, USA, 2021.
9. Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB). Annual Report on Neutron Imaging Research. Berlin, 2020.
10. J-PARC Research Facility. Advances in Neutron Imaging for Archaeology and Engineering. Japan, 2022.