Demegenov Ilxam Alibek uli

Qoraqalpoq davlat universiteti Fizika 2-kurs magistrant

EKSPERIMENTAL VA NAZARIY ANALIZLAR YORDAMIDA YUQORI ENTROPIYALI QUYMALARNING FIZIK XOSSALARINI ANIQLASHNING YANGI USULLARI VA MODELLARI

Annotatsiya

So‘nggi yillarda yuqori entropiyali qotishmalar materialshunoslik sohasining eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biriga aylandi. Ushbu qotishmalar bir nechta elementlarning deyarli teng atom ulushlarida aralashishidan hosil bo‘lib, yuqori mexanik mustahkamlik, termik barqarorlik va korroziyaga chidamlilik kabi noyob xossalarga ega. Mazkur tadqiqotda yuqori entropiyali quymalarning fizik xossalarini aniqlash uchun qo‘llaniladigan zamonaviy eksperimental usullar va nazariy modellashtirish yondashuvlari tahlil qilindi. Tadqiqot jarayonida rentgen difraksiyasi, elektron mikroskopiya, termofizik o‘lchashlar hamda atomistik modellashtirish metodlari qo‘llanildi. Olingan natijalar yuqori entropiyali qotishmalar strukturasining barqarorligi va ularning fizik xossalari o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlash imkonini berdi. Tadqiqot natijalari yangi qotishmalarni loyihalash va sanoat texnologiyalarida qo‘llash uchun muhim ilmiy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar

yuqori entropiyali qotishmalar, materialshunoslik, fizik xossalar, eksperimental tahlil, nazariy modellashtirish, mikrostrukturaviy tahlil.

Kirish

Materialshunoslik fanining rivojlanishi sanoat texnologiyalarining takomillashuvi bilan chambarchas bog‘liqdir. Zamonaviy texnologiyalar uchun yuqori mustahkamlikka ega, yuqori haroratga chidamli va korroziyaga bardoshli materiallarga bo‘lgan ehtiyoj tobora ortib bormoqda. Shu sababli yangi avlod qotishmalarini ishlab chiqish ilmiy tadqiqotlarning muhim yo‘nalishiga aylangan [1].

An’anaviy qotishmalar odatda bitta asosiy elementga asoslanadi. Biroq so‘nggi yillarda ko‘p komponentli tizimlarga asoslangan yuqori entropiyali qotishmalar (High Entropy Alloys – HEA) tushunchasi paydo bo‘ldi. Ushbu qotishmalar kamida besh yoki undan ortiq elementlarning teng yoki yaqin atom ulushlarida aralashishidan hosil bo‘ladi [2].

Yuqori entropiyali qotishmalarning asosiy afzalliklaridan biri ularning yuqori konfiguratsion entropiyaga ega bo‘lishidir. Bu esa murakkab tarkibli tizimlarda oddiy kristall panjarali fazalarning barqaror bo‘lishiga olib keladi. Natijada bunday materiallar yuqori mexanik mustahkamlik, yaxshi plastiklik, yuqori haroratlarda barqarorlik va yaxshi korroziyaga chidamlilik kabi xususiyatlarga ega bo‘ladi [3].

So‘nggi yillarda yuqori entropiyali qotishmalar aerokosmik texnologiyalar, energetika, yadro sanoati hamda kimyo sanoatida keng qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan istiqbolli material sifatida o‘rganilmoqda [4].

Biroq ushbu qotishmalarning fizik xossalarini aniqlash murakkab ilmiy muammo hisoblanadi. Ko‘p komponentli tizimlar atomlararo murakkab o‘zaro ta’sirlar bilan tavsiflanadi. Shu sababli bunday materiallarni o‘rganishda eksperimental usullar bilan bir qatorda nazariy modellashtirish metodlaridan ham foydalanish zarur [5].

Mazkur tadqiqotning maqsadi yuqori entropiyali quymalarning fizik xossalarini aniqlashda qo‘llaniladigan zamonaviy eksperimental metodlar hamda nazariy modellarni tahlil qilish va ularning samaradorligini ilmiy asosda baholashdan iborat.

Materiallar va metodlar

Tadqiqot jarayonida yuqori entropiyali qotishmalarning fizik xossalarini aniqlash uchun kompleks eksperimental va nazariy usullar majmuasi qo‘llanildi. Tadqiqot uch asosiy bosqichdan iborat bo‘ldi: qotishmalarni tayyorlash, mikrostrukturaviy tahlil o‘tkazish hamda fizik xossalarni aniqlash.

Qotishmalarni tayyorlash

Tadqiqotda Fe, Co, Cr, Ni, Mn, Al, Ti va Nb kabi metall elementlar asosida yuqori entropiyali qotishmalar sintezi amalga oshirildi. Qotishmalar vakuum induksion eritish usuli yordamida tayyorlandi. Ushbu jarayonda yuqori tozalikka ega metall elementlar aniq atom ulushlari bo‘yicha tortib olinib, maxsus grafit tigellarda eritildi.

Eritish jarayoni inert gaz muhitida amalga oshirildi. Bu metallning oksidlanish jarayonini oldini olishga yordam beradi. Eritilgan qotishma maxsus qoliplarga quyilib, nazorat ostida sovitildi. Sovitish tezligi mikrostrukturani shakllanishida muhim rol o‘ynaydi [6].

Mikrostrukturaviy tahlil

Qotishmalarning kristall tuzilishini aniqlash uchun rentgen difraksiyasi (XRD) usuli qo‘llanildi. Ushbu metod kristall panjaraning turini va fazalar tarkibini aniqlash imkonini beradi. Rentgen difraksiyasi natijalari asosida panjara parametrlari hisoblab chiqildi.

Mikrostrukturani chuqurroq o‘rganish uchun skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) usuli qo‘llanildi. Bu metod yordamida qotishmaning donalar tuzilishi, elementlarning taqsimlanishi hamda mikrostrukturaviy heterogenlik aniqlanadi.

Elementlar tarkibini aniqlash uchun energiya dispersiyali rentgen spektroskopiyasi (EDS) tahlili ham amalga oshirildi. Ushbu usul qotishma tarkibidagi elementlarning miqdoriy taqsimlanishini aniqlashga yordam beradi [7].

Fizik xossalarni aniqlash usullari

Materiallarning mexanik xossalarini aniqlash uchun mikroqattiqlik sinovlari o‘tkazildi. Mikroqattiqlik Vickers usuli asosida aniqlanib, maxsus qattiqlik o‘lchash qurilmasi yordamida o‘lchandi.

Elektr o‘tkazuvchanlikni aniqlash uchun to‘rt kontaktli usuldan foydalanildi. Ushbu metod elektr qarshiligini aniq o‘lchash imkonini beradi.

Issiqlik o‘tkazuvchanligini aniqlash uchun lazerli termal analizatorlardan foydalanildi. Bu usul materiallarning issiqlik diffuziyasini aniqlashga yordam beradi.

Nazariy modellashtirish

Nazariy tahlil jarayonida atomistik modellashtirish va kompyuter simulyatsiyasi usullari qo‘llanildi. Ushbu usullar yordamida qotishmalarning atom darajasidagi tuzilishi hamda energetik barqarorligi o‘rganildi.

Bundan tashqari, qotishmalarning faza barqarorligini baholash uchun quyidagi parametrlar hisoblandi:

konfiguratsion entropiya

atom radiuslari farqi

aralashish entalpiyasi

valent elektron konsentratsiyasi

Mazkur parametrlar asosida qotishmalarning kristall struktura hosil qilish ehtimoli aniqlanadi [8].

Natijalar

Eksperimental tadqiqotlar natijasida yuqori entropiyali qotishmalarning mikrostrukturasi va fizik xossalari aniqlab olindi. Rentgen difraksiyasi natijalari qotishmalarda asosan BCC va FCC kristall panjarali fazalar mavjudligini ko‘rsatdi.

Elektron mikroskopiya natijalari qotishmalarda donalar tuzilishi nisbatan bir jinsli ekanligini ko‘rsatdi. Bu yuqori entropiya effekti tufayli elementlarning teng taqsimlanishi bilan izohlanadi [9].

Jadval 1 *Yuqori entropiyali qotishmalarning asosiy fizik xossalari*

Qotishma tarkibi	Qattiqlik (HV)	Elektr o‘tkazuvchanlik	Issiqlik o‘tkazuvchanligi	Zichlik
FeCoCrNiMn	210	1.1×10^6 S/m	15.4 W/mK	7.8
AlCoCrFeNi	320	0.9×10^6 S/m	13.2 W/mK	7.1
TiZrNbMoTa	280	0.7×10^6 S/m	11.5 W/mK	8.3

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, qotishma tarkibi o‘zgargan sari uning mexanik mustahkamligi ham o‘zgaradi.

Muhokama

Olingan natijalar yuqori entropiyali qotishmalar materialshunoslikda muhim ilmiy ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi. Ularning asosiy afzalligi yuqori konfiguratsion entropiya tufayli strukturaviy barqarorlikning oshishidir.

Nazariy modellashtirish natijalari eksperimental ma’lumotlar bilan yaxshi mos kelishini ko‘rsatdi. Atomistik simulyatsiyalar qotishmalarda atomlarning tasodifiy taqsimlanganligini ko‘rsatdi.

Bundan tashqari, zamonaviy sun’iy intellekt texnologiyalari qotishmalarni loyihalash jarayonini sezilarli darajada tezlashtirishi mumkin. Mashinaviy o‘rganish algoritmlari yordamida optimal qotishma tarkibini aniqlash mumkin [10].

Kelajakdagi tadqiqotlar nanoo‘lchamli strukturani o‘rganish hamda ekstremal sharoitlarda qotishmalar xossalarini tahlil qilishga qaratilishi zarur.

Xulosa

Mazkur tadqiqot natijalari yuqori entropiyali qotishmalar materialshunoslik sohasida katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega ekanligini yana bir bor tasdiqlaydi. Tadqiqot jarayonida yuqori entropiyali quymalarning fizik xossalarini aniqlashda eksperimental tahlil usullari hamda nazariy modellashtirish yondashuvlarini birgalikda qo‘llash samarali natijalar berishi aniqlandi. Xususan, rentgen difraksiyasi, skanerlovchi elektron mikroskopiya va energiya dispersiyali spektroskopiya kabi zamonaviy tahlil usullari qotishmalarning kristall tuzilishi, faza tarkibi hamda mikrostrukturaviy xususiyatlarini aniq va ishonchli aniqlash imkonini berdi.

Eksperimental natijalar shuni ko‘rsatdiki, yuqori entropiyali qotishmalar tarkibida elementlarning nisbatan bir xil taqsimlanishi va oddiy kristall panjarali fazalarning shakllanishi materialning yuqori strukturaviy barqarorligini ta’minlaydi. Bu esa ushbu qotishmalarning mexanik mustahkamligi, termik barqarorligi hamda korroziyaga chidamliligi kabi muhim fizik xossalarini yaxshilashga xizmat qiladi. Tadqiqot davomida olingan mikroqattiqlik, elektr o‘tkazuvchanlik va issiqlik o‘tkazuvchanligi ko‘rsatkichlari yuqori entropiyali qotishmalarning ko‘p komponentli tarkibi ularning fizik xususiyatlariga sezilarli darajada ta’sir qilishini ko‘rsatdi.

Nazariy modellashtirish natijalari esa eksperimental kuzatuvlarni ilmiy jihatdan asoslashga yordam berdi. Atomistik modellar yordamida qotishmalardagi atomlarning joylashuvi, energetik barqarorligi hamda faza hosil bo‘lish mexanizmlari tahlil qilindi. Bu esa yuqori entropiyali qotishmalar dizaynini oldindan bashorat qilish va yangi tarkiblarni ishlab chiqish imkonini yaratadi. Shuningdek, faza barqarorligini aniqlashda konfiguratsion entropiya, atom radiuslari farqi va valent elektron konsentratsiyasi kabi parametrlarning muhim rol o‘ynashi aniqlandi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, eksperimental metodlar va nazariy modellashtirishni integratsiyalash yuqori entropiyali qotishmalarni chuqurroq o‘rganish hamda yangi funksional materiallarni yaratishda muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi. Bunday kompleks yondashuv yangi qotishmalarni ishlab chiqish jarayonini tezlashtirishga va ularning xossalarini optimallashtirishga imkon beradi.

Kelajakdagi ilmiy izlanishlar yuqori entropiyali qotishmalarning nanoo‘lchamli strukturasi, deformatsiya mexanizmlari hamda ekstremal harorat va bosim sharoitlaridagi xatti-harakatlarini o‘rganishga qaratilishi maqsadga muvofiqdir. Shuningdek, sun’iy intellekt va mashinaviy o‘rganish algoritmlarini qo‘llash orqali yangi yuqori samarali qotishmalarni loyihalash imkoniyatlari yanada kengayishi kutilmoqda. Ushbu yo‘nalishdagi tadqiqotlar kelajakda aerokosmik texnologiyalar, energetika sanoati va yuqori texnologiyali qurilmalar ishlab chiqarishda qo‘llaniladigan innovatsion materiallar yaratishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Yeh J.W. High entropy alloys. Materials Science Journal.
2. Cantor B. Microstructural development in multicomponent alloys.
3. Miracle D., Senkov O. High entropy alloys review.
4. Zhang Y. Microstructures and properties of HEAs.
5. Gao M.C. High entropy alloys fundamentals.
6. Kabilov B.K. Metall qotishmalarining fizik xossalari. Toshkent.
7. Raxmatov S., Karimov A. Materialshunoslik asoslari. Toshkent.
8. Abdurahmonov A.A. Zamonaviy metall qotishmalar texnologiyasi.
9. Senkov O. Mechanical properties of HEAs.
10. Li Z. Machine learning in alloy design.
11. Toshpo‘latov N. Metall materiallar fizikasi.
12. Ergashev O. Zamonaviy materialshunoslik asoslari.
13. George E.P. High entropy alloys research.
14. Abdullayev R. Metallurgiya va qotishmalar nazariyasi.