



UDK: 537.312.62

Erkin AXMEDOV,
Jizzax politehnika instituti "Fizika" kafedrası mudiri, PhD
E-mail: erkinaxmedov8555@gmail.com
Abdulatif SHERMUXAMMEDOV,
Jizzax politehnika instituti "Fizika" kafedrası assistenti

PhD F. Almuradov taqrizi asosida

STUDY OF THE TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE RELATIVE ELECTRICAL RESISTANCE OF INTERMETALLIC COMPOUNDS IN THE SAMARIUM (SM) AND COBALT (CO) SYSTEM

Annotation

The article explores the temperature dependence of the relative electrical resistance of intermetallic compounds between Samarium (Sm) and Cobalt (Co) elements. It analyzes the physical and chemical properties of the Sm-Co system, the variations in electrical resistance with temperature, and the phase changes occurring between high and low temperatures. The article discusses the relationship between the characteristics of intermetallic compounds of Sm and Co, particularly electrical resistance, and their connection with the underlying physical mechanisms of these changes.

Key words: Samarium (Sm), Cobalt (Co), intermetallic compounds, solid, liquid, crystal lattice, relative electrical resistance, temperature, 4f-metals, phase transitions, temperature-dependent variations

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В СИСТЕМЕ САМАРИЙ (SM) И КОБАЛЬТ (CO)

Аннотация

В статье исследована температурная зависимость относительного электрического сопротивления интерметаллических соединений между химическими элементами самарием (Sm) и кобальтом (Co). Проанализированы физические и химические свойства системы Sm-Co, изменения электрического сопротивления в зависимости от температуры, а также фазовые изменения, происходящие при высоких и низких температурах. Обсуждаются характеристики интерметаллических соединений Sm и Co, в частности электрическое сопротивление, а также связь этих изменений с физическими механизмами.

Ключевые слова: Самарий (Sm), Кобальт (Co), интерметаллические соединения, твёрдое, жидкое, кристаллическая решётка, относительное электрическое сопротивление, температура, 4f-металлы, фазовые изменения, температурная зависимость изменений.

SAMARIY (Sm) VA KOBALT (Co) SISTEMASI INTERMETALLIK BIRIKMALARINING SOLISHTIRMA ELEKTR QARSHILIGINI TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGINI O'RGANISH

Annotatsiya

Maqolada Samariy (Sm) va Kobalt (Co) kimyoviy elementlari o'rtasidagi intermetallik birikmalarining solishtirma elektr qarshiligining temperatura bilan bog'liqligi o'rganilgan. Sm-Co tizimining fizikaviy va kimyoviy xususiyatlari, uning elektr qarshiligi temperaturaga bog'liq o'zgarishlari hamda yuqori va past temperaturalar orasida yuzaga keladigan fazaviy o'zgarishlar tahlil qilingan. Sm va Co o'rtasidagi intermetallik birikmalarining xususiyatlari, xususan elektr qarshiligi, o'zgarishlarining fizik mexanizmlar bilan bog'liqligi muhokama qiligan.

Kalit so'zlar: Samariy (Sm), Kobalt (Co), intermetallik birikmalar, qattiq, suyuq, kristall panjara solishtirma elektr qarshiligi, temperatura, 4f-metallar, fazaviy o'zgarishlar, temperaturaga bog'liq o'zgarishlar.

Kirish. Fan va texnikaning rivojlanishi fizikaviy, ximiyaviy xossaga ega bo'lgan yangi materiallar yaratilishi bilan bevosita bog'liq. Bunday materiallar orasida 4f metallari va ularning birikmalari masalan Sm, Co sisteması konstruksion material sifatida alohida o'rin tutadi. Metallar birikmalarining qo'llanish chegarasini yanada oshirish maqsadida elektron, kristall va elektr xossalari to'g'risida ko'proq ma'lumotga ega bo'lish talab etiladi. Ko'p sonidagi ilmiy tadqiqotlarga qaramasdan bu malumotlar yetarli emas. Ayniqsa 4f-metallar va ularning birikmalari va qotishmalarining yuqori temperaturadagi suyuq holatini o'z ichiga oluvchi kinetik xossalriga bag'ishlangan tadqiqot ishlari kam sonda bo'lib, bu yuqori temperaturadagi eksperiment ishtarini olib borishdagi ma'lum qiyinchiliklar bilan bog'liqdir. Shulardan kelib chiqib, maqolada Sm-Co sistemasining birikmalaridan SmCo₅, Sm₂Co₇ va SmCo₅ larinin yuqori temperaturalaridagi, ya'ni, xona temperaturasidan to 1700 °C gacha oraliqda (qattiq-suyuq, tartiblangan-tartiblangan) elektr xossalari o'rganish muhim vazifalardan deb hisoblash mumkin[4,5].

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Intermetallik birikmalar - bu ikki yoki undan ortiq metall elementlarining qattiq fazadagi birikmalaridir. Samariy (Sm) va kobalt (Co) kabi elementlar o'rtasidagi intermetallik birikmalar, ayniqsa yuqori temperturadagi va magnit xususiyatlariga bog'liq materiallar sifatida qiziqish uyg'otadi[10].

Samariy kobaltning termal xususiyatlari o'zgarishlar bilan bog'liq bo'lib, bu materialning yuqori haroratlarda ishlash barqarorligini tekshirish muhimdir. Intermetallik birikmalarining elektr qarshiligi temperaturaga nisbatan, odatda linemaning o'sishi yoki kutilgan darajada ortishi kuzatiladi.

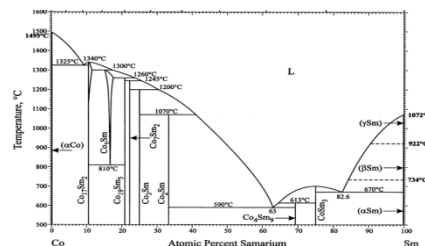
Tadqiqotlarda Sm Co intermetallik birikmalarining ko'p xususiyatlari, shu jumladan yuqori temperaturaga bardosh berish, kimyoviy barqarorlik va magnit xususiyatlari bilan o'rganilgan.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki Sm-Co tizimidagi intermetallik birikmalarining elektr xususiyatlarini o'rganishga bag'ishlangan. Tadqiqotda, ayniqsa, temperaturaning Sm-Co intermetallik birikmalarining elektr qarshiligiga ta'siri va bu xususiyatlarning qanday o'zgarishi tahlil qilingan[9]. Sm-Co tizimining elektr qarshiligi yuqori haroratlarda sezilarli darajada o'zgaradi. Tadqiqotda temperaturaning 300 K dan 1000 K gacha bo'lgan oraliqda Sm-Co5 intermetallik birikmasining elektr qarshiligi qanday o'zgarishi aniqlangan. Ushbu o'zgarishlar ayniqsa, materialning fazaviy o'zgarishlari, kristall tuzilishidagi farqlar va elektronlarning ta'siri bilan izohlanadi [10].

Buchanan, R. L., & Rice, W. L. va boshqa olimlar tomonidan intermetallik birikmalarining elektr qarshiligi va temperaturaga bog'liq o'zgarishlarini o'rganishga bag'ishlangan. Tadqiqotda intermetallik birikmalarining elektr qarshiligi va ularning haroratga qanday ta'sir qilishini aniqlash uchun keng qamrovli eksperimental ishlanmalar va nazariy tahlillar keltirilgan[12].

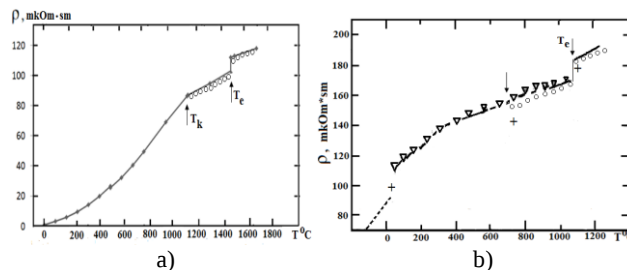
Kalinovskaya, M. A., va boshqa olimlarning tadqiqotlarida Sm Co5 intermetallik birikmalarining yuqori temperaturadagi fizik xususiyatlarini, shu jumladan, elektr qarshiligi, magnit xususiyatlar, va termodinamik o'zgarishlarni o'rganishga bag'ishlangan. Tadqiqotda, Sm Co5 birikmalarining yuqori haroratlarda ishlovchi materiallar sifatida qanday o'zgarishlarni namoyish etishi va ushbu materiallarning elektron, magnit va termal xususiyatlaridagi o'zgarishlar tahlil qilingan[15].

Tadqiqot metodologiyasi. Sm-Co sistemasi fazaviy holat diagrammasi 1-rasmda ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki toza samariyning erish temperaturasi 1072°C va toza kobaltning erish temperaturasi 1496°C ni tashkil etadi. Sm-Co sistemasida sakkizta intermetallik birikma mavjud bo'lib ular quyidagilar: $\text{Co}_{17}\text{Sm}_2$; $\text{Co}_{19}\text{Sm}_5$; Co_5Sm ; Co_3Sm ; Co_7Sm_2 ; Co_2Sm ; Co_4Sm_9 ; Co_3Sm_3 ; Bu birikmalarining erish temperaturasi fazaviy diagrammadan ko'rinib turganidek juda juda keng diapozonda o'zgaradi. Sm-Co sistemasi intermetallik birikmalarining solishtirma elektr qarshiligining temperaturaga bog'liqligi $\text{Co}_{17}\text{Sm}_2$; Co_5Sm intermetallik birikmalari uchun 2-a va b rasmda keltirilgan. $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ intermetallik birikmasi uchun solishtirma elektr qarshiligining temperaturaga bog'liqligi chiziqli xarakterga ega.

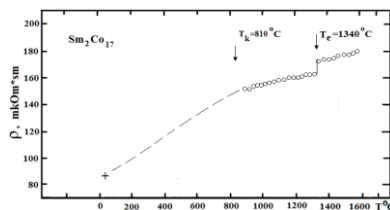


1-rasm Sm-Co sistemasi fazaviy holat diagrammasi[16].

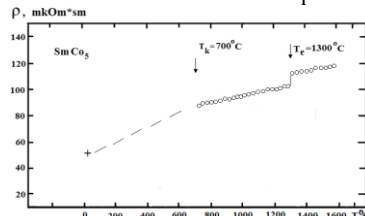
Temperatura ortib borishi bilan solishtirma elektr qarshilik namunaning qattiq holatida chiziqli ravishda ortib boradi [13,14]. Temperatura 600°C temperaturalardan yuqorida solishtirma qarshilik biroz to'yinishga ega bo'ladi. Namunaning erish temperaturasida solishtirma elektr qarshilik keskin ravishda sakrab ortadi. Bu sakrab ortishning foizlardagi qiymati qattiq holatdagi qarshiligiga nisbatan 9 % ni tashkil etadi. Namunaning suyuq holatida esa solishtirma qarshilik yana chiziqli ravishda ortadi. Erish temperaturasida namuna qarshiligining keskin ravishda ortishini namuna kristall panjarasining buzilishi va buning natijasida elektronlarning tartibli harakatiga bo'ladigan qarshilikning ham xaotik ravishda ortishi bilan bog'lash mumkin. $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ intermetallik birikmasini solishtirma elektr qarshiligining temperaturaga bog'liqligi 3-rasmda keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, bu birikmaning ham solishtirma elektr qarshiligini temperaturaga bog'liqligi chiziqli xarakterga ega va xuddi Sm va Co namunasining solishtirma elektr qarshiligining temperaturaga bog'liqligi kabi erish temperaturasida sakrab ortadi va uning foizlardagi qiymati 8 % ni tashkil etadi. Bu birikma uchun ham qarshilikning temperaturadan bog'liqligi 650°C dan yuqorida to'yinish xarakteriga ega.



2-rasm. Toza Co (a) va Sm (b) metalining solishtirma elektr qarshiligining temperaturaga bog'liqligi.



3-rasm. Sm_2Co_{17} intermetallik birikmasini solishtirma elektr qarshiligining temperaturaga bog'liqligi



4-rasm. $SmCo_5$ intermetallik birikmasining solishtirma elektr qarshiligining temperaturaga bog'liqligi

$SmCo_5$ birikmasi solishtirma elektr qarshiligining temperaturaga bog'liqligi ham yuqoridagidek xarakterga ega (4-rasm). Qarshilikning sakrab o'zgarish darajasi 8% ni tashkil etadi. Qarshilikning to'yinishga ega bo'lishi esa 650 °C temperaturalarga to'g'ri keladi.

Solishtirma elektr qarshiligining temperaturadan bog'liqligi bo'yicha tajriba natijalaridan foydalanib $SmCo_5$ va Sm_2Co_{17} intermetallik birikmalarining har biri uchun qarshilikning temperatura koeffitsienti hisoblab chiqildi. Hisoblashlar uchun quyidagi ifodadan foydalanildi [6,7].

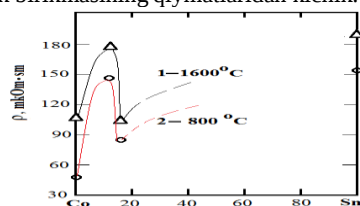
$$\alpha = (\rho_2 - \rho_1) / \rho_0 (T_2 - T_1).$$

Hisoblash natijalari 1-jadvalda keltirilgan. Jadvaldan ko'rinib turibdiki, solishtirma qarshilikning temperatura koeffitsienti o'rganilgan namunalar ichida Sm_2Co_{17} uchun eng katta qiymatga ega bo'lib, qattiq holat uchun ham va suyuq holat uchun ham bir xil qiymatga ega va 0,00055 °C⁻¹ qiymatga ega. Qolgan namunalar uchun esa solishtirma qarshilikning temperatura koeffitsienti qattiq holat uchun suyuq holatdagi katta qiymatga ega.

1-jadval

№	Namuna	ρ_s (mK·cm) 20°C	ρ_s (mK·cm) terish	ρ_s (mK·cm) suyuq	α ferromag 10 ⁻³ K ⁻¹	α aramag 10 ⁻³ K ⁻¹	α uyusq 10 ⁻³ K ⁻¹
1	Co	55	86.5	108	1.8	0.65	0.59
2	Sm_2Co_{17}		160	185		0.24	0.2
3	$SmCo_5$		91	100		0.51	0.67
4	Sm	120	160	190	0.89	0.47	0.12

$Sm-Co$ sistemasining ikkita intermetallik birikmalari Co_5Sm , $Co_{17}Sm_2$ va toza samariy va toza kobaltlarning solishtirma qarshiligining temperaturaga bog'liqligini eksperimental o'lchash natijalaridan foydalangan holda bu sistemaning kobaltga boy qismi uchun solishtirma qarshilikning namunalarning tarkibidan bog'liqligini o'rganish mumkin. Buning uchun har bir namuna uchun solishtirma qarshilikning temperaturadan bog'liqlik grafigidan aynan bir xil temperaturalardagi qiymatlari aniqlab olinadi. So'ngra absissa o'qiga namunalar konsentratsiyasi belgilanib aynan bir namunaning solishtirma qarshiligining qiymati ordinata o'qiga qo'yib chiqiladi. Xuddi shu usul bilan hosil qilingan $Sm-Co$ sistemasi intermetallik birikmalarining solishtirma qarshiligining namuna tarkibidan bog'liqligi 4-rasmda keltirilgan. Solishtirma qarshilikning tarkibdan bog'liqlik grafigi ikki xil temperatura uchun chizilgan. 1-grafik solishtirma qarshilikning 1600 °C temperaturalardagi qiymatlari uchun va 2-grafik solishtirma qarshilikning 800 °C temperaturalardagi qiymatlari uchun hosil qilingan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, solishtirma qarshilikning tarkibidan bog'liqligi murakkab ko'rinishga ega bo'lib anomal holatda o'zgaradi ya'ni qarshilikning qiymati Co_5Sm birikmasi barcha temperaturalarda $Co_{17}Sm_2$ intermetallik birikmasining qiymatlaridan kichik.



4-rasm. $Sm-Co$ sistemasi intermetallik birikmalarining solishtirma qarshiligining namuna tarkibiga bog'liqligi.

Bunday holat Mattissen qoidasiga binoan va Nordgeym qoidasiga binoan hosil bolishi kerak bo'lgan hollardan kichik chetlanadi. Buning sababibi intermetallik birikmalarining har birining o'zining kristall panjarasining mavjudligi va shu kristall panjarasining elektronlar harakatiga ko'rsatadigan qarshiligi o'ziga xos individual xarakterga ega bo'lishi to'g'risidagi nazariyalar natijalari bilan mos tushadi.

Xulosa va takliflar. Metallar va ularning birikmalarining solishtirma elektr qarshiligining metallar kristall va elektron tuzilishidan, temperaturadan bog'liqligi to'g'risida adabiyotlarda mavjud bo'lgan nazariy va eksperimental ma'lumotlar o'rganib chiqildi va ilmiy tahlil etildi;

Samariy metali, Kobalt metali va $Sm-Co$ sistemasiga tegishli Co_5Sm , $Co_{17}Sm_2$ va $Sm-Co$ intermetallik birikmalarining kristall tuzilishi va fazaviy holat diagrammasi to'g'risidagi ma'lumotlar o'rganib chiqildi;

Metallar va ularning qotishmalarining solishtirma elektr qarshiligini qattiq va suyuq holatlarda eksperimental o'lchash imkonini beruvchi aylanuvchi magnit maydon usuli va o'lchash qurilmasining tuzilishi va ishlash prinsipi o'rganib chiqildi.

ADABIYOTLAR

1. Дж. Блейкмор. Физика твердого тела. М.1988.
2. Ирхин В. Ю., Ирхин Ю. П. Электронная структура, физические свойства и корреляционные эффекты в d- и f – металлах и их соединениях. Екатеринбург: УрО РАН, 2004, 139-176, 200-265 с.
3. Дж.Займан. Принципы теории твердого тела. М., 1974.
4. Кувандилов О.К. Магнитные и кинетические свойства структурно-неупорядоченных сплавов и соединений на основе переходных и редкоземельных металлов. Дис. д-ра физ-мат наук. Самарканд. 1992. 442 с.
5. Кувандилов О.К., Ботин А.С., Хамраев Н.С., Абаев У.С. Высокотемпературная установка для исследование электрических свойств металлов. В сб. Акустические и электромагнитные свойства конденсированных сред. Самарканд, 1980, с 98-100.
6. L. Zhang, Y. Liu, H. Wang. Experimental and Theoretical Study of Electrical Resistivity in Sm-Co Alloys. *Materials Science and Engineering: A*. 2012, 10.1016/j.msea.2012.01.005
7. Carter G.C., Bennet L.H., METALLIC SHIFTS IN NMR. A review of the theory and comprehensive critical data compilation of metallic materials. Oxford. New York.Toronto.Sydney. Paris. Frankfurt. Pfrt III, v.20, 1977, p.1177.
8. Axmedov E.R., Norqulov S.K. Kondensirlangan muhitlarda yorug'likni suyuqliklarda sochilish intensivligini aniqlash // Namangan davlat universiteti ilmiy axborotnomasi. -Namangan.2023. -№12. –B.67-70. www.journal.namdu.uz ISSN: 2181-0427.
9. Gordeev, S. S., et al. "Electrical properties of Sm-Co intermetallic compounds". *Journal of Alloys and Compounds*, 1998.
10. Yang, X., & Chen, Z. "Temperature dependence of the electrical resistance of intermetallic compounds in the Sm-Co system". *Materials Science and Engineering A*, 2003.
11. Zhou, L., & Wu, H. "Magnetic and electrical properties of Sm-Co-based alloys". *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2005.
12. Buchanan, R. L., & Rice, W. L. "Influence of temperature on the electrical resistance of intermetallic compounds" *Journal of Applied Physics*, 2000.
13. Varga, S. P., & Westphal, C. J. "Temperature dependence of transport properties of intermetallics in the Sm-Co system". *Physics and Chemistry of Solid State Materials*, 2012.
14. Thomson, E. L., et al. "Intermetallic compounds in high-temperature materials". *Materials Science and Technology*, 2008.
15. Kalinovskaya, M. A., et al. "Properties of Sm Co5 intermetallics at high temperatures". *High Temperature Materials and Processes*, 2006.
16. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11669-010-9836-z>