

**YUQORI TEMPERATURALARDA AMORF QOTISHMALARNING MAGNITLANISHI VA  
UNI O'LG'ASH USULI**

**I. Subhonqulov, B. Amonov, G'. Bakaev, Sh. Xomitov**

**Annotatsiya.** Temperatura ta'sirida amorf qotishmalardagi tarkibiy o'zgarishlar hamda magnit o'tishlar to'g'risida to'liq ma'lumot olish uchun magnitlanishni temperaturaga bog'liqligi natijalaridan foydalanish mumkin. Magnitlanishni tashqi magnit maydoniga va temperaturaga bog'liqligini o'rganishni eng qulay usuli vibratsion magnetometr usuli hisoblanadi.

Ushbu ishda magnitlanishning tashqi magnit maydoni va temperaturaga bog'liqligini o'lchovchi qurilmaning tavsifi va temir guruhi elementlari asosidagi amorf qotishmaning magnitlanishini temperaturaga bog'liqligi natijasi va uning aomal Xoll koeffitsienti bilan aloqadorligi bayon etilgan.

**Tayanch so'zlar:** amorf qotishma, elektr yurituvchi kuch, Xoll datchiki, induksion datchik, magnitlanish egri chizig'i, gisterezis halqasi, magnit momenti.

**Намагниченность Аморфных Сплавов При Высоких Температурах И Методика Измерения  
Намагниченности**

Для получения информации о характере структурных и магнитных превращений в аморфных сплавах, исследуется температурная зависимость намагниченности. Для исследования намагниченности от температуры и внешнего магнитного поля удобным считается вибрационный метод измерения намагниченности.

В данной работе приводится описание установки для измерения намагниченности сплавов в зависимости от температуры и внешнего магнитного поля и температурной зависимости намагниченности аморфного сплава на основе металлов группы железа и их взаимосвязь с аномальным коэффициентом Холла.

**Ключевые слово:** аморфных сплавах, электродвижущего сила, датчик Холла, индукционный датчик, кривой намагниченность, петли гистерезиса, магнитный момент.

**Magnetization Of Amorphous Alloys At High Temperatures And Methods Of Measurement Of  
Magnetization**

To obtain information on the nature of structural and magnetic transformations in amorphous alloys, the temperature dependence of the magnetization is investigated. To investigate the magnetization in dependence on temperature and external magnetic field it is convenient to use a vibrational method for measuring the magnetization.

In this paper we describe an experimental set-up for measuring the magnetization of alloys as a function of temperature and external magnetic field and the temperature dependence of the magnetization of an amorphous alloy on the base of metals of the iron group and their relationship to the anomalous Hall coefficient.

**Keywords:** amorphous alloys, electrical move force, Hall detector, induction detector, magnetization curve, magnetic moment, loop of hysteresis.

**Kirish.**

Hozirgi vaqtda suyuq metallarni toblash orqali [1] olinadigan amorf ferromagnit qotishmalar xalq xo'jaligini turli sohalarida magnit material sifatida foydalanilmoqda. Ushbu amorf qotishmalarning talab etilgan fizik xususiyatlarga ega bo'lgan namunalarini xosil qilish hamda ulardan amaliy maqsadlarda foydalanish uchun ularning fizik hususiyatlari (ayniqsa magnit xossalari)ni xamda bu xususiyatlar o'rtasidagi aloqadorlikni o'rganish talab etiladi.

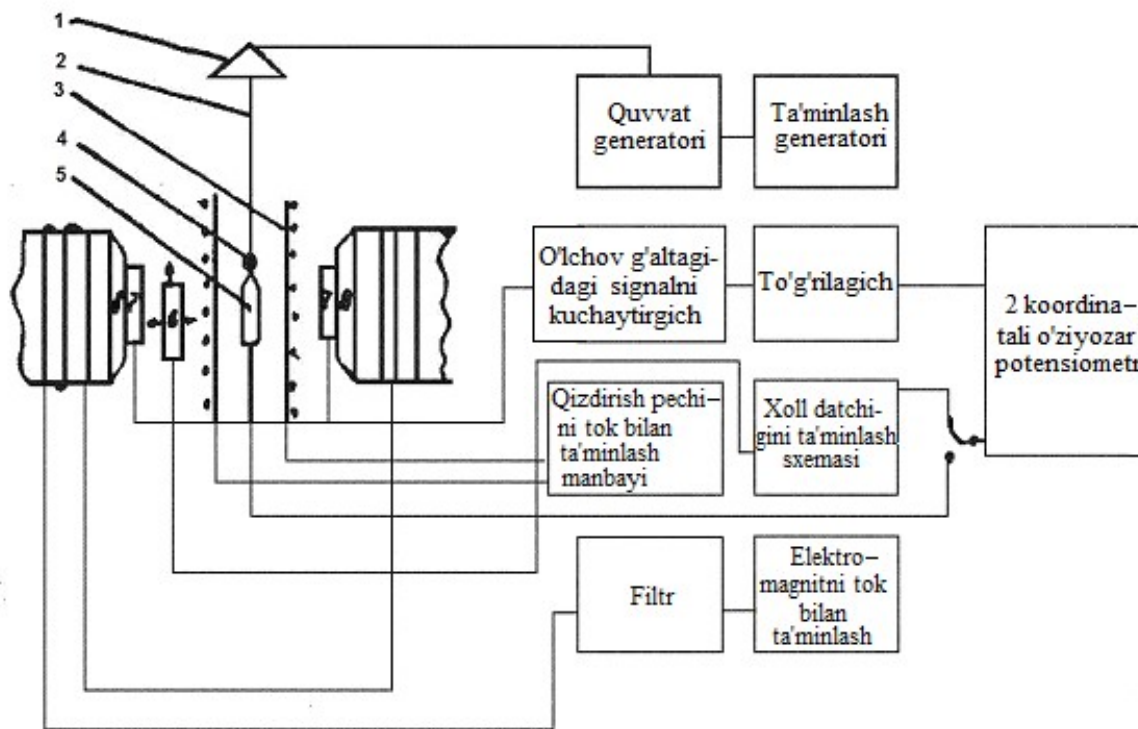
**Tajriba qurilmasining tavsifi.**

Magnitlanishni o'lchashning tebranuvchi magnetometr usuli, o'lchovchi induktiv datchikda namunaning tebranishi natijasida hosil bo'luvchi EYuK ni o'lchashga asoslangan.

Amorf qotishmalarda termomagnit tahlil o'tkazish uchun magnit o'lchashlarning tebranuvchi magnetometr usuli juda qulaydir. Bunda o'lchash natijalari o'ziyozar ikki koordinatali potentsiometrda tayyor grafik shaklida hosil qilinadi.

Tebranuvchi magnetometr qurilmasining sxemasi 1-rasmda ko'rsatilgan. Elektromagnit qutblari oraliq'ida ikkita induktiv datchik va Xoll datchigi o'rnatilgan bo'lib induktiv datchiklar oraliq'ida elektr qizdiruvchi pech o'rnatilib unda titandan yasalgan ampulaga solingan namuna joylashadi. Ampula o'z

navbatida sterjenga maxkamlangan bo'lib, bu sterjen tebratgichga maxkamlanadi. Elektromagnitning magnit maydon kuchlanganligi qutblar orasida joylashtirilgan Xoll datchigi yordamida o'lchanadi. Bu qurilma yordamida ferromagnit materiallarning quyidagi magnit xarakteriskalari olinadi - magnitlanish egri chizig'i, gisterezis halqasi, to'yinish magnitlanish  $I_s$ , qoldiq magnitlanish  $I_r$ , koersitiv kuch  $H_c$ . Namuna "f"- chastota va "h"- amplituda bo'yicha doimiy magnit maydonida tebranadi. Magnit maydoni manbai sifatida FL-1 tipidagi elektromagnit ishlatiladi. Tebranish chastotasi va amplitudasi tebratgichga ulangan tovush generatori (GZ-56) orqali hosil qilinadi.



**1-rasm.** Magnitlanishni o'lchovchi tebranuvchi magnetometr qurilmasining sxemasi. 1-tebratgich, 2-sterjen, 3-elektro isitish pechi, 4-namuna solingan ampula, 5-termopara, 6-Xoll datchigi, 7-induktiv datchigi, 8-elektromagnit.

Tashqi maydon o'zgarishi bilan tebranuvchi namunaning magnit momenti o'zgaradi. Bu o'z navbatida o'lchovchi g'altaklarda namunaning magnit momentiga proporsional bo'lgan induksion EYuK ni hosil qiladi. Bu signal U-2-6 yoki U-2-8 tipidagi kuchaytirgich bilan kuchaytiriladi va o'ziyozar ikki koordinatali potentsiometrning "Y" o'qiga beriladi. Shu potentsiometrning "X" o'qiga Xoll datchigidan kelayotgan magnit maydon kuchlanganligiga proporsional bo'lgan Xoll EYuK signali beriladi. Shunday qilinganda ikki koordinatali o'ziyozar potentsiometrda keltirilgan masshtabda magnitlanishning tashqi magnit maydoniga bog'lanish grafigi hosil qilinadi.

To'yinish magnitlanishning qiymati  $T=300\text{ K}$  da  $\sigma_s=54,6\text{ Gs}\cdot\text{sm}^3$  bo'lgan etalon nikelga nisbatan solishtirilib bilib olinadi. Buning uchun bir xil sharoitda etalon va o'lchanishi kerak bo'lgan namunadagi signallar solishtiriladi.

Tebranuvchi magnetometrda namunaning magnit momenti o'lchanib, undan magnitlanish  $I_s$  xisoblanadi.

$$M_{et} [\text{Gs} \cdot \text{sm}^3] = \frac{P_{et}}{\rho_{et}} I_{et} = V_{et} I_{et} \quad (1)$$

bunda  $M_{et} [\text{Gs} \cdot \text{sm}^3]$  - etalonning magnit momenti,  $P$  [g] - og'irlik,  $\rho$  [g/sm<sup>3</sup>] - zichlik,  $V$  [sm<sup>3</sup>] - hajm,  $I$  [Gs] - magnitlanish

O'lchanayotgan namunaning magnit momenti  $M_x$  etalonga nisbatan quyidagi formula bilan xisoblanadi:

$$M_x = M_{et} \frac{\alpha_x}{\alpha_{et}} \quad (2)$$

bunda  $\alpha_x$  va  $\alpha_{et}$  - mos ravishda magnetometrda namuna va etalon quyilganda hosil bo'luvchi EYuK ning eng katta amplitudaviy qiymati, ya'ni potensimetrlarning "Y" o'qi bo'yicha eng katta siljishi  $k = \frac{M_{et}}{\alpha_{et}}$  qurilmaning sezgirliigi bo'lib,  $M_x = k\alpha_x$  ga teng bo'ladi. O'lchanayotgan namunaning magnitlanishi quyidagi tarzda hisoblanadi.

$$I_x = \frac{M_x}{V_x} = \frac{\alpha_x}{V_x} k \quad (3)$$

yok

$$I_x = I_{et} \frac{\alpha_x}{\alpha_{et}} \frac{V_{et}}{V_x} \quad (4)$$

$I_{et}$  - etalonnin magnitlanishi

Odatda graduirivka uchun  $I_{set} = \sigma_s \rho_{et}$  nikelning qiymati olinadi. Etalonnin o'lchamlari namunaning o'lchamlariga teng qilib olinadi. Magnit maydonini bir tekis oshirib borib Xoll datchigidagi EYuKni oshishiga qarab magnit maydonni qiymati hisoblanadi. Shunday qilib, potensimetrdan olingan grafikdan  $I_x(N)$  bog'lanishning grafigi hosil qilinadi.

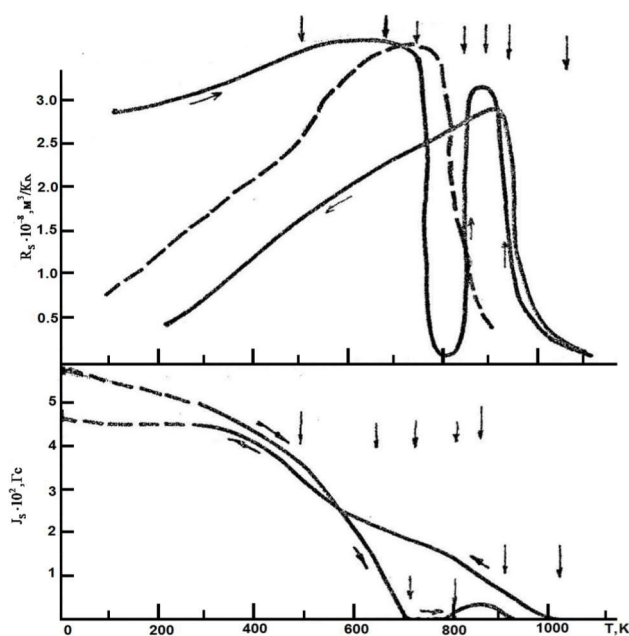
Agar magnit maydonini teskari yo'nalishda oshirish imkoni bo'lsa o'lchanayotgan namuna uchun gisterezis xalqasini ham hosil qilish mumkin. Bundan qoldiq magnitlanish  $I_r$  va koersitiv kuch  $H_s$  hisoblanadi.

Magnitlanishning temperaturaga bog'liqligi  $I_x(T)$  ni olish uchun namuna elektropech ichiga joylashtiriladi va magnit maydonini oshirib  $I_s$  to'yinishgacha yetkazdiriladi va temperatura oshirilib boriladi. Temperaturaning o'zgarishi pech ichiga joylashtirilgan "xromel-alyumel" termoparasining termo-EYuK ga qarab xisoblanadi.

Agar o'ziyozar ikki koordinatali potensimetrlarning "Y" o'qiga o'lchovchi g'altakdan keluvchi EYuK berilsa, "X" o'qiga esa pech ichiga joylashtirilgan termopara ulansa uzluksiz  $I_x(T)$  ni grafigini hosil qilish mumkin.

Kristallanish bosqichi va oraliq fazalarni hosil bo'lishi namunani qizdirib va sovutib termomagnit taxlil qilish orqali kuzatiladi. Termomagnit taxlil vaqtida amorf va kristall xolatni Kyuri nuqtalarini aniqlash mumkin.

### Olingan tajriba natijalari va ularning tahlili.



2 – rasm.  $Co_{84.35}Fe_{5.8}Si_{7.4}B_{2.45}$  qotishmaning Xoll koeffitsienti (yuqoridagi rasm) va magnitlanishi (pastki rasm) ni temperaturaga bog'liqligi.

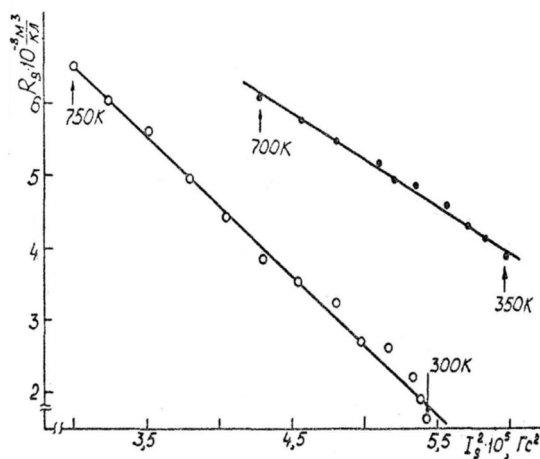
2-rasmda  $Co_{84.35}Fe_{5.8}Si_{7.4}B_{2.45}$  qotishmaning amorf va kristall holatda  $R_N(T)$  Xoll koeffitsienti va  $I_s(T)$  magnitlanishining temperaturaga bog'liqligi keltirilgan.

Rasmdan ko'rinadiki, amorf holatda  $R_N$  ning absolyut qiymati kristall holatdagidan katta bo'ladi,  $R_N$  ning temperatura bo'yicha o'zgarish tezligi  $\partial R_N / \partial T$  kristall holatda amorf holatdagidan katta bo'ladi.

Amorf holatdan kristall holatga o'tish jarayoni murakkab kechadi, ya'ni 700 K gacha  $R_N$  chiziqli parabolik qonun asosida oshib borib, keyin nolgacha kamayadi. Shu qiymat amorf holatning Kyuri nuqtasini xarakterlaydi. Temperaturaning keyingi oshishida  $R_N$  yana oshib (kristallanish tufayli), yana nol qiymatgacha kamayadi. Bu temperatura kristall holatning Kyuri nuqtasini ko'rsatadi. Magnitlanishning temperaturaga bog'liqligi Xoll effektini natijalari bilan korrelyasiyalashadi.

Adabiyotlarda [2,3] ko'rsatilganki, anomal Xoll koeffitsienti elektronlarni spin to'liqlarida va fononlarda sochilishi tufayli namoyon bo'ladi. Shuning uchn  $R_N$  ni temperaturaga bog'liq egri chizig'i bilan  $I_s(T)$  ning kvadrati solishtirilganda ular

o'rtasida chiziqli bog'lanish borligi kuzatiladiki, bu bog'lanish quyidagi 3 – rasmda keltirilgan.



**3 – rasm.**  $Co_{84.35}Fe_{5.8}Si_{7.4}B_{2.45}$  amorf qotishma uchun anomal Xoll koeffitsienti  $R_S$  ning magnitlanishning kvadrati -  $I_s^2$  o'rtasidagi aloqadorlik (●●●●●●) amorf holatda (○○○○○○○) kristall holatda.

imkoniyatini beradiki, bunda ulardan transformatorlarni o'zagi va elektron asboblarning elementi sifatida foydalanish mumkin.

$R_S$  va  $I_s$  o'rtasidagi aloqadorlikni quyidagi tenglama orqali ifodalash mumkin:

$$\Delta R_S = R_S(T) - R_S(T_N) = \alpha [I_s^2(T_N) - I_s^2(T)] \quad (5)$$

$I_s(T)$  va  $R_S(T)$  –  $T < T_C$  temperatura intervalidagi magnitlanish va Xoll koeffitsienti bo'lsa  $I_s(T_N)$  va  $R_S(T_N)$  – xona temperaturasiidagi ularning qiymati.

**Xulosa.** Amorf va kristall holatda  $R_S$  va  $I_s$  o'rtasida chiziqli bog'lanish bo'lib, 5 – tenglamani qanoatlantiruvchi  $\alpha$  - koeffitsient kristall holatda amorf holatdagidan katta bo'ladi. Ushbu fakt amorf

holatda kinetik xususiyatlarning namoyon bo'lishida fononlarning ulushi kam degan xulosaga olib keladi.

Amorf qotishmalarda koersitiv kuchning kichik va magnit sindiruvchilikning katta bo'lishi ularning kristall analogiyasiga nisbatdan ustunligini ko'rsatib ulardan magnitoyumshoq material sifatida foydalanish

#### Adabiyotlar.

1. Золотухин И.В. Аморфные металлические материалы. Соровский образовательный журнал. Физика, №4, 1997, с.73-78.
2. Судзуки К., Фудзимори Х., Хасимото К. Аморфные металлы. Москва. «Металлургия». 1987.
3. Кудрин А. В. Гальваномагнитные свойства ферромагнитных наноструктур. ННГУ, 2010.