



Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005" International Conference "Fizika-2005" Международная Конференция "Fizika-2005"

7 - 9

İyun
June 2005
Июнь

№58
səhifə
page 220-223
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

Fe-Ni-Cr ƏRİNTİLƏRİNİN İSTİLİK TUTUMUNUN KÜRİ NÖQTƏSİ YAXINLIĞINDA QEYRİ ADI GEDİŞİ

PƏNAHOV T.M., ƏHMƏDOV V.İ.

«Metal və ərintilər fizikası» ETL, AzMIU
Baku, 370073, A.Sultanova street, 5
Telephone: (99412) 439-07-25, Fax: 987836

Fe₆₅(Ni_{1-x}Cr_x)₃₅ ərintilərinin 90-300K temperatur intervalında istilik tutumu və maqnitlənməsinin temperatur asılılığı tədqiq olunmuşdur. Maqnitlənmənin temperatur asılılığı $x=0,17; 0,22; 0,29; 0,33$ tərkibli ərintilər üçün standart şəkilə maldır və bu da onlarda öyrənilən temperatur intervalında maqnit çevrilmələrinin mövcudluğunu göstərir. Lakin Küri nöqtəsi yaxınlığında maqnitlənmənin kəskin azalması ərintilərin istilik tutumunun temperatur asılılığında hər hansı görünən anomaliyaya uyğun gəlmir. Ferromaqnit ərintilərin istilik tutumunun qeyri-ferromaqnit ərintilərin ($x=0,56$) istilik tutumu ilə müqayisə etmək yolu ilə C_m maqnit payının qiymətləndirilməsi aparılmışdır. Alınmış nəticələr ərintilərin maqnit quruluşu haqqında müasir təsəvvürlər əsasında dəyişən işarəli mübadilə inteqralı ilə interpretasiya edilmişdir.

Bu işdə mənfi mübadilə qarşılıqlı təsirin C_{AF} payını artırarkən Küri nöqtəsində istilik tutumunun anomaliyasının transformasiyasını izləməyə cəhd edilir. Bu məsələ [4] işində qismən həll edilmişdir: göstərilmişdir ki, əgər təmiz nikelə T=T_C-də istilik tutumunun sıçrayışı istilik tutumunun tam qiymətinin 40%-ni təşkil edirsə, 65at%Fe-35at%Ni ərintisində ΔC_m qiyməti Küri nöqtəsində ərintinin tam istilik tutumunun 15%-ni aşmır. Lakin Fe-Ni ərintiləri sistemində uzaq ferromaqnit nizamlığın yox olduğu halda C_{AF} qiymətini əldə etmək olmur (dəmirin konsentrasiyasını artırarkən artıq 67at%-də γ-α quruluş çevrilməsi başlayır). Bu maneəni aşmaq üçün Fe₆₅(Ni_{1-x}Cr_x)₃₅ kvazibinar kəsiyinin ərintilərində istilik tutumu tədqiq edilmişdir. Nikel atomlarının xrom atomları ilə əvəz olunması bir tərəfdən γ(ÜMK) - quruluşu stabilləşdirir, digər tərəfdən ehtimal ki, mənfi mübadilə qarşılıqlı təsirin payını artırır.

Görünür ki, Ni atomlarının Cr atomları ilə əvəz olunması zamanı ərintilərin maqnitlənməsinin azalmasına aparan başqa mexanizm də mövcuddur: "mənfi spin polarizasiyası" effekti hesabına ərintinin ferromaqnit matrisasında "maqnit dəşiklərin" meydana gəlməsi [2]. Fe₆₅[Ni_{1-x}Cr_x]₃₅ kəsiyində uzaq ferromaqnit nizamlığın yox olduğu kritik konsentrasiya təxminən $x_c = 0,4$ - dür [3, 4].

ÖLÇMƏLƏRİN NƏTİCƏLƏRİ

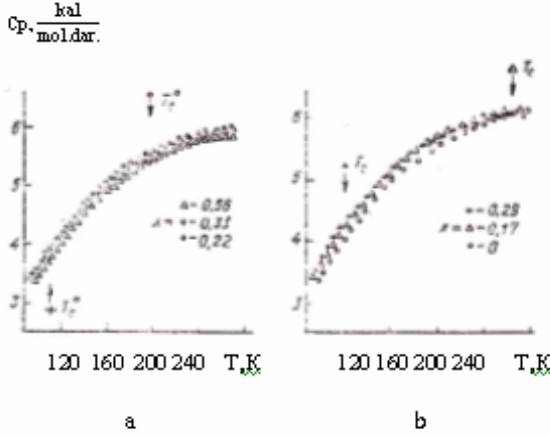
Tədqiq edilən ərintilər induksion vakuüm sobasında kimyəvi təmiz dəmirdən, nikelədən və xromdan əridilmişdir. Diametri 5 mm olan silindir şəkilli ərintidən istilik tutumunu ölçmək üçün 30 mm və maqnit ölçmələri üçün 100 mm uzunluqlu nümunələr hazırlanmışdır. Sonra nümunələr vakuümə 1000K-də 8 saat müddətində homogenləşdirilmiş və sobada soyudulmuşdur. İstilik tutumunun ölçülməsi 90-280K temperatur intervalında (3-4K-dən bir) ±0,4% xəta ilə, maqnitlənmənin ölçülməsi isə ±2% xəta ilə aparılmışdır. Fe₆₅(Ni_{1-x}Cr_x)₃₅ ərintilərinin istilik tutumunun öyrənilmiş nəticələri şəkil 1-də göstərilmişdir. Artıq 5,7at% xrom ($x=0,17$) əlavə etdikdə T_c Küri nöqtəsində istilik tutumunun anomaliyasının demək olar ki, tam cırlaşması müşahidə olunur.

T_c - in maqnit ölçmələrin nəticələri əsasında hesablanmış qiyməti şəkil 1-də oxlarla göstərilmişdir.

Çox maraqlıdır ki, $x=0,17$ olan ərintilərinin 0K-də doyma maqnitlənməsi təmiz nikelin doyma maqnitlənməsindən böyükdür [4]. Göstərilən ərintinin maqnitlənməsinin temperatur asılılığı standart şəkildə maldır (şəkil 2).

Qeyd edək ki, analogi hadisə "spin şüşə" halı reallaşan sistemlərdə də müşahidə olunur [3]. Lakin «spin şüşə» hələ "yaxşı" ferromaqnit sayılan $x=0,17$

tərkibinə nisbətən kifayət dəqər kiçik maqnitlənmə qiymətinə malikdir.



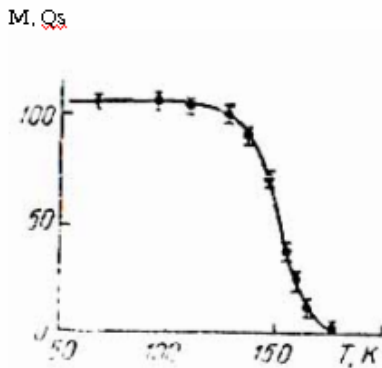
Şəkil 1. $Fe_{65}(Ni_{1-x}Cr_x)_{35}$ ərintilərinin istilik tutumunun temperatur asılılığı.

$Fe_{65}(Ni_{1-x}Cr_x)_{35}$ ərintilərinə istilik tutumunun C_m maqnit toplananının qiymətini qiymətləndirməyə cəhd edilmişdir. İstilik tutumuna anqarmonizm effektlərinin və elektron əlavəsinin dəqiq nəzərə alınmasının böyük çətinlikləri ilə əlaqədar [4] olaraq, C_m kəmiyyəti ferromaqnit ərintilərin ($x=0,17; 0,22; 0,29; 0,33$) və qeyri ferromaqnit ərintilərin ($x=0,56$) istilik tutumları ayrılmasının müqayisə edilməsi yolu ilə təyin edilmişdir.

Qeyd edək ki, $x=0,56$ olan ərintilərdə 80K-dən yuxarı temperaturlarda nə "spin şüşə", nə də superparamaqnit hal reallaşır [3].

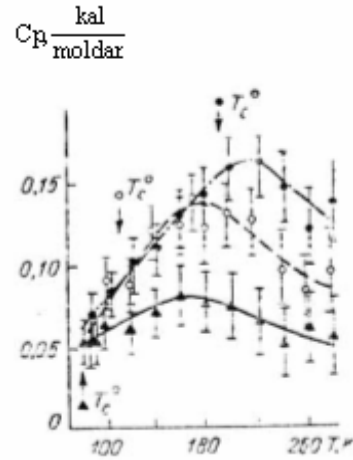
Bu yolla təyin edilmiş C_m qiyməti şəkil 3-də göstərilmişdir.

İstilik tutumunun maqnit əlavəsi Kuri nöqtəsinin çox geniş ətrafında sıfırdan fərqli olur, və ən böyük qiyməti maqnit ölçmələrdən alınmış T_c Kuri temperaturlarından bir qədər yüksək temperaturlarda alır.



Şəkil 2. $Fe_{65}(Ni_{1-x}Cr_x)_{35}$ ərintilərinin maqnitlənməsinin tipik temperatur asılılığı ($x=0,22, H=113e$).

İstilik tutumunda maqnit əlavəsi mütləq qiymətinə görə ərintinin tam istilik tutumunun 2-3%-ni aşır (şəkil 3).



Şəkil 3. $x=0,33$ (), $x=0,29$ (0) və $x=0,22$ (•) tərkibli ərintilərin istilik tutumunda maqnit toplananı.

İstilik tutumunun maqnit əlavəsinin təyininin istifadə olunan metodikasının korrekliyini yoxlamaq üçün, öyrənilən ərintilərin şəkil 3-də verilmiş C_m qiymətləri əsasında daxili enerjiyə və entropiyaya maqnit əlavəsi aşağıdakı formulalarla hesablanmışdır:

$$U_{me} = \int_{T_1}^{T_2} C_m dT \quad (1)$$

$$S_{me} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_m}{T} dT \quad (2)$$

burada T_1 və T_2 uyğun olaraq 90 və 280K-ə bərabərdir. Cədvəldə (1), (2) ifadələrinin köməkliyi ilə hesablanmış nəticələrlə yanaşı daxili enerjinin və entropiyanın maqnit toplananının heyzenberq yaxınlaşmasında ərintilərin Kuri temperaturunun və M_s doyma maqnitlənməsinin qiymətinə uyğun olaraq, nəzəri hesablanmış [4] U_{mn} və S_{mn} qiymətləri göstərilmişdir.

Cədvəl

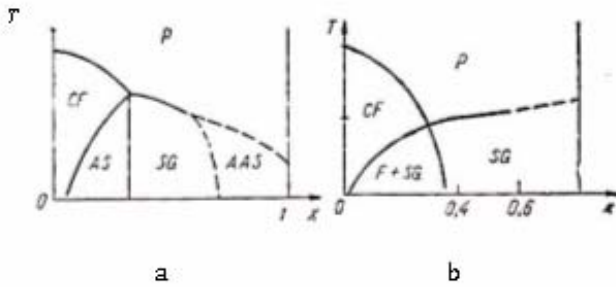
X	T_c, K	M_s, Q_s	μ, μ_B	$U_{mn}, \frac{kal}{mol}$	$U_{me}, \frac{kal}{mol}$	$\frac{U_{mn}(0)}{U_{mn}(x)}$
0	430-490	1150	1,45	580	260 [4]	1
0,17	240-290	550	0,69	210	27	2,8
0,22	180-230	330	0,41	110	25	5,3
0,29	100-140	180	0,22	36	20	16
0,33	90-120	120	0,15	22	13	20

$\frac{U_{me}(0)}{U_{me}(x)}$	$S_{mn}, \frac{kal}{mol \cdot dər}$	$S_{me}, \frac{kal}{mol \cdot dər}$
1	0,77	0,65 [4]
9,6	0,46	
10,4	0,3	
13	0,17	0,13
20	0,12	0,08

Nəzəri və təcrübi qiymətləndirmələrin $x=0,20$ və $x=0,33$ tərkibli ərintilərdə kifayət qədər yaxşı uzlaşması onunla bağlıdır ki, bu ərintilərin Kuri nöqtəsi təxminən öyrənilən temperatur intervalının ortasında yerləşir və (1), (2) ifadələrində inteqrallama zamanı C_m qiymətinin sıfırdan fərqləndiyi təxminən bütün temperatur oblastını əhatə edir. Deməli, istilik tutumunda maqnit payının təyininin istifadə olunan metodunu ümumiyyətlə kafi hesab etmək olar.

NƏTİCƏLƏRİN MÜZAKİRƏSİ

Mövcud nəzəri təsəvvürlər əsasında $Fe_{65}(Ni_{1-x}Cr_x)_{35}$ kəsiyinin maqnit faza diaqramı mümkün olan iki şəkildə verilə bilər [3, 5]. Əgər ərinti tamamilə tarazlıq halında yerləşirsə və quruluş qeyribircinsliyinin yeganə növü tərkibin statistik fluktuasiyası hesab olunursa, onda molekulyar sahə yaxınlaşmasında [5] aparılmış hesablamalara əsasən, baxılan kəsiyin maqnit faza diaqramı şəkil 4a-da göstərilən şəkildə malikdir.



Şəkil 4. $Fe_{65}(Ni_{1-x}Cr_x)_{35}$ kəsiyinin [5] (a) və [2] (b) konsepsiyalarına uyğun güman edilən maqnit faza diaqramının görünüşü.

Bu konsepsiyada müəyyən konsentrasiyadan başlayaraq C_{AF} mənfi mübadilə rabitələri “qeyri-bircins təsadüfi ferromaqnetik” halından (TF) “asperomaqnetizm” (AS) halına keçir [6]. Bu halda atom maqnit momentlərinin z-proyeksiyalarının cəmi sıfırdan fərqlidir, x-y müstəvisində isə atom maqnit momentlərinin proyeksiyası yüksək temperaturlarda fəzada eyni ehtimalla istiqamətlənib, aşağı temperaturlarda isə “spin şüşədə” olduğu kimi təsadüfi istiqamətlərdə “donurlar”. C_{AF} sonrakı artması zamanı adi spin şüşə (SG) halına və “antiasperomaqnit halına” (AAS) keçidi gözləmək olar [6] (şəkil 4a).

Real Fe-Ni-Cr ərintilərdə tamamilə təkmil tarazlıq quruluş halına nail olmaq çox çətindir və həmişə ərintidə kimyəvi tərkibin müəyyən paylanması mövcuddur (bu və ya digər kimyəvi elementlə zəngin quruluş klasterləri). Bu halda [3] işində edildiyi kimi fərz etmək olar ki, C_{AF} artan zaman dəmir-nikel-xrom ərintisinin nikel ilə zəngin oblastı topoloji sonsuz ferromaqnit klasterində «tikilmiş» qalır (burada biz «axma nəzəriyyəsi» [7] terminologiyasından istifadə etmişik). Ərintinin nikeldən yoxsullaşmış oblastı yüksək temperaturlarda paramaqnit halda olur, aşağı temperaturlarda isə “spin şüşə” halına keçir. Şəkil 4b-də

CF+SG halı (belə “müxtəlif orientasiyalı spinlər” oblastı həm sonsuz klaster daxilində yerləşə, həm də sonsuz və sonlu ferromaqnit klasterləri bölə bilər). C_{AF} sonrakı artması zamanı kritik konsentrasiyaya nail olunur (“axma kəndarı”) və sonsuz ferromaqnit klaster sonlu klasterlərə “parçalanır”. Ərinti spontan maqnitlənməsini itirir və aşağı temperaturlarda sonlu ferromaqnit və antiferromaqnit klasterlərin “spin şüşə” oblastları ilə birgə yanaşı mövcud olduğu halda yerləşir (şəkil 4b-də SG). Qeyd edək ki, [5, 6]-da şərh edilən konsepsiya ümumiyyətlə desək qeyri tarazlıq ərinti halına da aid edilə bilər. Konsepsiyaların [3] və [5, 6] işlərində şərh olunan bölünməsi tamamilə şərtdir. $Fe_{65}(Ni_{1-x}Cr_x)_{35}$ kəsiyinin ərintilərində reallaşan maqnit quruluşu həqiqətdə görünür ki, həm birinci [3] həm də ikinci [5, 6] yanaşmalar üçün xarakterik cizgilərə malikdir.

$Fe_{65}(Ni_{1-x}Cr_x)_{35}$ kəsiyi ərintilərində xromun miqdarı artdıqca T_c yaxınlığında istilik tutumu anomaliyasının aşkar olunmuş kəskin cırlaşmasını [3] konsepsiyasında “axma nəzəriyyəsinin” [7] aparatından istifadə edərək birinci yaxınlaşmada interpretasiya etmək olar. İstilik tutumunda C_m maqnit payının “yayılmaması” onda topoloji sonsuz ferromaqnit klasterlərin “tikildiyi” lokal Kuri nöqtələri oblastlarının dispersiyasının böyük qiyməti ilə əlaqələndirmək lazımdır. Bu yaxınlaşmada fərz olunur ki, topoloji sonsuz klasterin daxilində mənfi mübadilə rabitələrinin payı o dərəcədə azdır ki, o “frustrasiya” olunmayıb. Öz növbəsində

$$t = \frac{\partial T_c}{\partial C} \propto \delta C^2 \propto^{1/2}$$
 böyük qiymətini, ərintidə mühüm

konsentrasiya fluktuasiyalarının δC olması, həmçinin “axma kəndarına” yaxınlaşarkən $\frac{\partial T_c}{\partial C}$ artması ilə

əlaqələndirmək olar. İstifadə etdiyimiz [5, 6] yaxınlaşmasına əsasən C_{AF} artması zamanı maqnit faza keçidi nöqtəsində istilik tutumu anomaliyasının cırlaşmasının bu cür izahatını fərz etmək olar. C_{AF} kiçik qiymətlərdə, paramaqnit P hala keçid təsadüfi ferromaqnetizm CF halından baş verdikdə, Kuri nöqtəsində istilik tutumu anomaliyasının az və ya çox ifadə olunması yer alır.

Əgər C_{AF} artırsa və paramaqnit hala keçid “asperomaqnit haldan” (AS) baş verirsə, onda belə keçid çox böyük temperatur intervalına uzanır, lakin spontan maqnitlənmənin kəskin azaldığı temperatur intervalında istilik tutumunun anomaliyası çox zəif ifadə olunur.

NƏTİCƏ

1. Aşkar edilmişdir ki, $Fe_{65}(Ni_{1-x}Cr_x)_{35}$ kəsiyinin ərintilərində $x=0,17$ tərkibindən başlayaraq maqnit çevrilmələri oblastında, istilik tutumu əyrilərində praktiki olaraq hər hansı anomaliya yoxdur. Bu hadisə böyük maraq kəsb edir. Belə ki, ərintinin maqnitlənməsi hələ kifayət qədər yüksəkdir və temperatur asılılığı standart şəkildə malikdir.
2. İstilik tutumunda C_m maqnit payı, istilik tutumunun elektron və qəfəs payının ayrılmasının

standart üsulu vasitəsilə dəqiq ayrılı bilməz. Buna görə də C_m -in ayrılması “maqnit” və “qeyri maqnit” ərintilərin ($x=0,56$) istilik tutumu əyrilərinin müqayisəsi yolu ilə aparılmışdır. C_m -in ayrılmasının belə metodikasının daxili enerjiyə və entropiyaya maqnit payının alınmış qiyməti heyzenberq yaxınlaşmasında edilmiş nəzəri qiymətləndirmə ilə kafi uzlaşır. Göstərilən metodda C_m ayrılması çox geniş temperatur intervalında sıfırdan fərqlidir və mütləq qiymətinə görə ərintinin tam istilik tutumunun 2-3%-ni aşmır.

3. 65at%Fe-35%Ni invar ərintisinin nisbətən kiçik miqdarda xrom əlavə edən zaman istilik tutumunun anomaliyasındakı kəskin cırılma dəyişən işarəli mübadilə qarşılıqlı təsir inteqralı ilə maqnit faza diaqramı haqqında mövcüd nəzəri təsəvvürlər əsasında keyfiyyətə kifayət qədər yaxşı interpretasiya oluna bilər. İşdə istifadə olunan modellər [3, 5, 7] prinsipə nəticələri kəmiyyətə də interpretasiya etməyə imkan verir.

-
- [1]. Т.М.Рənahov, Г.Ə.Қuliyева, Н.Т.Рənahov. Дəqiq ərintilərin fiziki metalşünashğı. Ваки-2000, 556 s.
- [2]. Меньшиков А.З. Сидоров С.К. Теплых А.Е. Магнитное состояние γ -Fe-Ni-Cr сплавов в области критической концентрации - ФММ.1978. 45 №5. С.949-957.
- [3]. Т.М.Панахов. Структура и физические свойства сплавов на основе никеля. Баку, Элм, 1990, 200с.
- [4]. Rode V.E., Deryabin A.V., Damaschke G. Ferro-antiferromagnetism transition in the alloy sistem $Fe_{65}(Ni_{1-x}Cr_x)_{35}$ at low temperatures - IEEE. Trans.Magn. 1988, 12, №3. p.404-406.
- [5]. Медведев М.В. Два типа неупорядоченных ферромагнитных состояний в геузенберговском магнетике со случайными обменными связями - ФТТ.1999, 21, №11 с.3356-3364.
- [6]. Casy I.M.D. Amorphous magnetic order. - J Appl.Phys.1978, 49, №3, p.1646-1652.
- [7]. Шкловский Б.И. Эфрос А.А. Теории протекания и проводимость сильно неоднородных сред.- УФН.1975. 117, вып.3, с.401-436.