

ӘОЖ 621.317.422

**870К ТЕМПЕРАТУРАДАҒЫ ПРАЗЕОДИМ-КОБАЛЬТ-ТЕМІР (PR-CO-Fe)
ЖҮЙЕСІНДЕГІ ҚҰЙМАЛАРДЫҢ МАГНИТТЕЛУІНІҢ ҚАНЫҒУЫН ЖӘНЕ
ҚАЛДЫҚ ИНДУКЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ**

Р.С.Спабекова
М.Әуезов атындағы ОҚМУ, Шымкент қ.

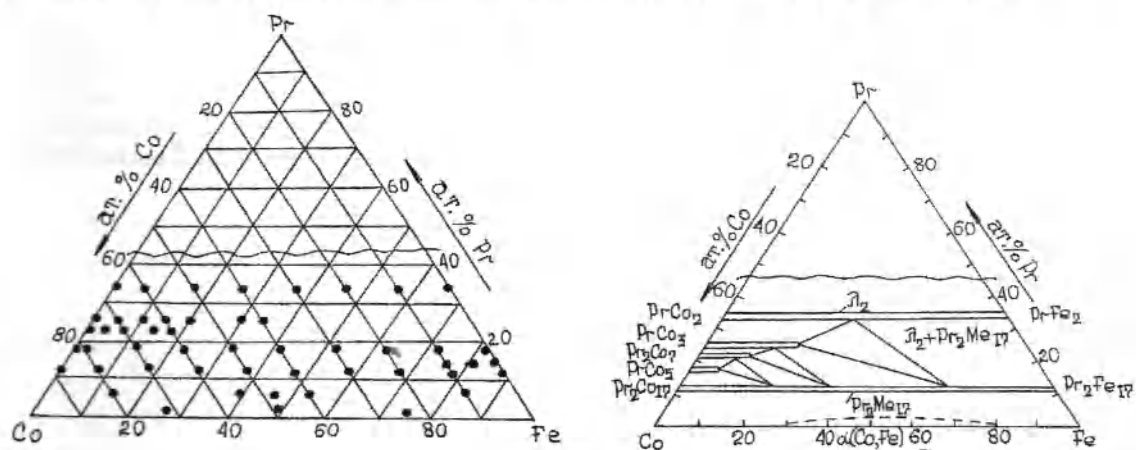
Темір үштігінің элементтері празеодиммен әсерлескенде аралық металлдік қосылыстардың үлкен саны пайда болады, олардың тұрақтылық концентрациялық интервалы өте тар болады. Бұл тығыз қабатталудың талабына негізделген, себебі гомологтық қатардың қосылыстары не Лавес фазасы, немесе онымен генетикалық түрде байланысқан болады. Олай болса, оларға және олардың негізіндегі үштік қатты қосылыстардың сипатына кеңістіктік шектелулер - тығыз қабатталудың талабы әсер етеді.

О.Кубашевский [1] ашқан заңдылықтарға сәйкес, темір үштігіндегі металдардың аралық металлдітерінің энтальпиясының пайда болуы, Fe-Co-Ni қатарындағы элементтердің d-қабатындағы акцепторлық қабілетінің артуына байланысты, және осы қатарда ол модулі

бойынша артады. Нәтижесінде пайда болатын аралық металлдердің саны және олардың тұрақтылығы Me-Fe жүйесінен Me-Co және Me-Ni жүйесіне өткенде артуы керек, бұл Pr-Fe, Pr-Co [2] жүйелерінде орындалады.

Құймаларды 870K температурада физикалық-химиялық сараптаудың комплекстік әдістерінің көмегімен зерттеу, Pr-Co-Fe үштік жүйесіндегі әсерлесу сипатын тағайындауға мүмкіндік береді [3]. Алынған нәтижелер бір-бірін толықтырады және зерттелетін жүйелердегі компоненттердің әсерлесуі көп жағдайда қос жүйеде өтетін процестермен анықталатындығын көрсетеді. Зерттелген жүйелерде Pr_5Co_{19} -дан басқа, 870K температурада тұрақты болатын барлық қос аралық металлдік қосылыстар табылған.

870 K температурада зерттелген Pr-Co-Fe үштік жүйесінде, қатты ертінділердің үздіксіз қатары пайда болады: $PrCo_2$, Pr_2Co_{17} және Pr_2Fe_{17} . Юм-Розери [4] қатты ертінділердің үздіксіз қатарының пайда болуының үш шартын тұжырымдады: 1) кристалдық құрылымның бір құрылымдық түрге жатуы, 2) атомдарының өлшемдеріндегі елеусіз айырмашылық (атомдық радиустарының мәндерінің ауытқуы 10-12%-тен аспауы керек), 3) металдардың химиялық табиғатының жақындығы. Жоғарыда айтылған шарттардың болуы, Pr-Co-Fe жүйесіндегі қатты ертінділердің үздіксіз қатарының пайда болуына әсер етеді. Pr- изоконцентратасы бойынша (1а,б-сурет), қатты ертінділердің үздіксіз қатарының гомогендік аймағының орналасуы, және олардың гомогендік торының периодының үздіксіз өзгеруі, олардың кристалдық торында қатты ертінділердің бір 3d-элементті ауыстыруы түрінде пайда болады. Қатты ертінділердің үздіксіз қатарының пайда болуының жоғарыда тұжырымдалған қандай-да бір шартының орындалмауы, қатты ертінділердің шектелген қатарының пайда болуына алып келеді, зерттелетін жүйелердегі олардың бар болу аймағын өте үлкен интервалда өзгертуге болады [5].



а) Pr-Co-Fe жүйесінің зерттелген қоспаларының құрамы

б) Pr-Co-Fe жүйесінің 870K температурадағы изотермиялық қимасы

1-сурет. Pr-Co-Fe жүйесінің зерттелген қоспаларының құрамы мен 870K температурадағы изотермиялық қимасы

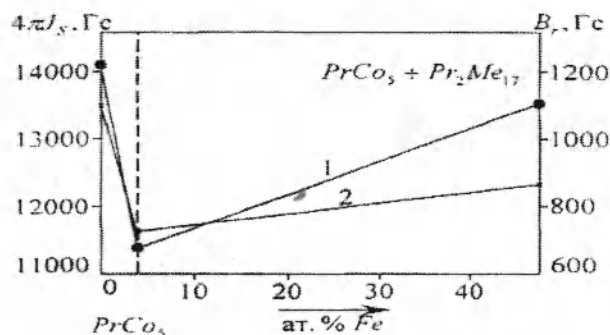
Қос фаза негізіндегі, бірдей стехиометриялық құрамдағы, үштік жүйелердегі шектелген қатты құймалардың гомогендік аймақтарының ұзақтығы өлшемдік фактормен анықталады. Бұл жағдайда бастапқы қос фазалардағы үшінші компоненттің еруі, орын ауыстыратын атомдардың өлшемдерінің айырмашылықтары кіші болған сайын, соғұрлым үлкен болады. Pr-Co-Fe жүйесіндегі: $PrCo_3$, Pr_2Co_7 , $PrCo_5$ – қоспаларының тор параметрлерінің өзгерісіне қарап, үшінші компоненттің еруі үлкен болатындығын көреміз. Жеке жүйе жағдайында, стехиометриялық құрамы әр түрлі қосылыстардағы үшінші компонентаның еруін қоспа-ертіндінің қасиеттерімен, яғни термодинамикалық құрамымен немесе стехиометриясымен бір жақты түсіндіруге болмайды. Бұл жағдайда, басқа түрдегі талаптарға қарағанда өлшемдік фактор екінші дәрежелі роль атқарады. $PrCo_3$, $PrCo_5$, Pr_2Co_7 – фазаларындағы 3d –

электрондардың тұрақты концентрациясының еру шегімен тағайындалған байланысы, кристаллдық құрылысы CaSi_5 типті, бинарлы (қос) қосылыстардың (R_xM_y) тұрақтылығын көрсетеді.

Әдебиеттердегі мәліметтерді зерделеу көрсеткеніндей, празеодимнің кобальтпен қосылысы магниттік реттелген күйге өтудің жоғарғы температурасына (Кюри нүктесі), коэрцитивтік күшке және магниттелудің қанығуына ие. Бұл құймалар жаңа магниттік материалдарды жасау үшін болашағы зор болып табылады. Кобальттің празеодиммен аралық металлдік құймаларының магниттік қасиеттеріне, темірдің әсері үлкен қызығушылық тудырады.

1-кесте. 870 К температурада шыңдалып, текстелгеннен кейінгі (анизотропты қоспалар), Pr-Co-Fe жүйесіндегі құймалардың химиялық құрамы, тығыздығы және жинақталу коэффициенті

Реттік №	Ертіндінің №	Ертіндінің %-тік құрамы			$\gamma_{\text{тәжірибе}}$ г/см ³	$\gamma_{\text{теор}}$ г/см ³	η
		Pr	Co	Fe			
1	16	22.2	77.8	0	3.10	8.32	0.37
2	21	16.6	83.4	0	3.14	8.46	0.37
3	22	16.6	80.0	3.4	3.20	842	0.38
4	26	16.6	50.0	33.4	2.67	803	0.33
5	31	12.5	10.0	77.5	3.56	7.80	0.46
6	35	10.5	80.0	9.5	3.27	851	0.38
7	37	10.5	60.0	29.5	3.05	831	0.37
8	38	10.5	50.0	39.5	3.05	820	0.37
9	40	10.5	30.0	59.5	3.00	801	0.37
10	41	10.5	20.0	69.5	3.08	7.90	0.39
11	42	10.5	10.0	79.5	3.21	7.83	0.41
12	43	10.5	0	89.5	3.83	7.74	0.49



1—магниттелудің қанығуы, 2—қалдық индукцияның өзгерісі

2-сурет. Pr-Co-Fe жүйесіндегі празеодимнің 16,6 %- изоконцентрациясы

Зерттелген үштік жүйелердегі гомогендік аймақтардың орналасуы және аралық металлдіктердің кристаллдық торларының периодтарының өзгерісі, оларда темір ерігенде, 3d-ауыспалы металдардың атомдарында статикалық түрде орын алмасу өтетіндігін көрсетті. Бұл жағдай аралық металлдіктердің магниттік қасиеттерінде көрінуі тиіс. Сол себепті, празеодимнің

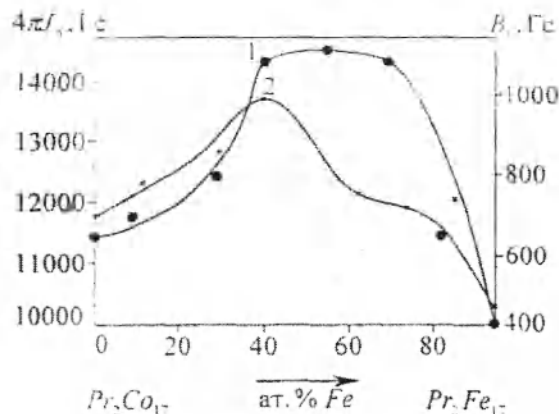
темірмен және кобальтпен қосылыстарының электрондық структурасы туралы қандай-да бір ақпарат алу мақсатында, бұл зерттеу жұмысында празеодимнің темірмен және кобальтпен құймаларында пайда болған бинарлы аралық металлдік қосылыстардың және үздіксіз қатар аймағындағы қатты ерітінділердің: $\text{Pr}_2\text{Co}_{17}$ және $\text{Pr}_2\text{Fe}_{17}$ магниттік қасиеттері қарастырылады.

Pr-Co-Fe құймаларының ұнтағының магниттік қасиеттерін оқып-үйрену, парафинді байланыспен жабыстырылған ұсақ (монокристалды) бөлшектердің жиынтығын магнит өрісінде тектелген үлгілерде жүргізілді.

Бұл ұнтақтар үшін кернеулігі 30кЭ, магнит өрісінде бағытталған бөлшектердің жинақталу коэффициенті дәл анықталды. Үлгілердің формалары 3мм және биіктігі 2мм цилиндр түрінде болды. 1-кестеде Pr-Co-Fe жүйесіндегі құймалардың химиялық құрамы, тығыздығы және жинақталу коэффициенті келтірілген.

Магниттелудің қанығуы мен қалдық индукцияны өлшеудің нәтижелері 1-сурет пен 2-кестеде келтірілген. 1-суретте Pr-Co-Fe жүйесіндегі PrCo_5 - кесіндісі бойынша, темірдің концентрациясының шамасына байланысты 16,6 ат% празеодимнің тұрақты құрамындағы магниттелудің қанығуы мен қалдық индукциясының өзгерісі көрсетілген. Суреттен көретініміздей, магниттелудің қанығуы ($4\pi I_s$) PrCo_5 аралық металлдік қосылысының гомогендік аймағында кемиді. Кобальт атомын темірдің магниттік активті атомымен ауыстыру магниттелудің қанығуын арттырады.

Оны былай түсіндіруге болады: темір атомын біртіндеп ендіру кезінде, 3d-қабатында темірдің концентрациясы өскен сайын, қосымша электрон қосымша қабат астына спині «жоғары» (спонтанды магниттелу бағытымен) бағытта өтеді де, магниттік момент өседі. Бұл қабат толғаннан кейін, қосымша электрон қосымша қабатқа спинімен «төмен» бағытта (спонтанды магниттелуге қарама-қарсы) өтеді де, магниттік момент кемиді (2-сурет). Празеодимнің тұрақты құрамындағы, празеодим кобальт-темір жүйесінің, $\text{Pr}_2\text{Co}_{17}$ және $\text{Pr}_2\text{Fe}_{17}$ кимасындағы 20кЭ өрісіндегі магниттік сараптау нәтижелері қалдық индукцияның өзгерісі магниттелудің қанығуына ұқсас түрде өзгертіндігін көрсетеді. Тұрақты SmCo_5 , PrCo_5 магниттері үшін магниттелудің қанығуының теориялық шегі 9090 Гс және 12000 Гс.



1—магниттелудің қанығуының, 2—қалдық индукциясының өзгерісі

3-сурет. Pr-Co-Fe жүйесіндегі $\text{Pr}_2\text{Fe}_{17}$ -кимасы

Ал, темірді ендіру магниттелудің қанығуын арттырады. Мұны празеодим, кобальт және темір атомдарының ферромагнитті реттелуімен түсіндіруге болады. $\text{Pr}_{16,6}\text{Co}_{40,0}\text{Fe}_{43,4}$ және $\text{Pr}_{10,5}\text{Co}_{30,0}\text{Fe}_{59,5}$ кималары үшін, біз алған магниттелудің қанығуының мәндері сәйкесінше 13500 Гс және 14530 Гс болды (3-сурет).

2 - кесте. 20кЭ өрістегі, $\text{Pr}_2\text{Co}_{17}$ және $\text{Pr}_2\text{Fe}_{17}$ қимасы бойынша, празеодимнің 16,6 %-тік тұрақты құрамдағы празеодим- кобальт-темір жүйесінің магниттік сараптамасының нәтижелері

Құйманың №	Құйманың құрамы, ат. %			Магниттелудің қанығуы	Қалдық индукция	Коэрцитивтік күш
	Pr	Co	Fe			
21	16,6	83,4	0	14090	1135	130
22	16,6	80,0	3,4	11350	680	150
26	16,6	40,0	43,4	13500	890	130
35	10,5	80,0	9,5	11740	767	128
37	10,5	80,0	29,5	12510	830	125
38	10,5	50,0	39,5	14410	995	152
40	10,5	30,0	59,5	14530	785	138
41	10,5	20,0	69,5	14400	765	130
42	10,5	10,0	79,5	11720	780	138
43	10,5	0	89,5	9880	475	120
16	22,2	77,8	0	8400	1870	350
31	12,5	10,0	77,5	1055	575	150

Әдебиет

- 1 Kubaschewski O., Chart T.C. Calculation of metallurgical equilibrium diagrams from thermochemical data. – J. Inst. Metals. - 1965. - V.93, №10. - P. 329-338.
- 2 Вонсовский С.В. Магнетизм. –М.: Наука, 1971.
- 3 Ray A.E., Strnat K. Metallurgical and magnetic properties of the intermetallic phases $\text{R}_2(\text{Co}, \text{Fe})_{17}$. – J. Inst. Metals, 1972.
- 4 Юм-Розери У. Факторы, влияющие на стабильность металлических фаз. – В сб.: Устойчивость фаз в металлах и сплавах. –М.: Мир, 1970. -С.197-199.
- 5 Мишин Д.Д., Гречишин Р.М. Магнитные свойства сплавов RCO_5 . –В сб.: Редкоземельные металлы, сплавы и соединения. –М.: МГУ, 1975.

Резюме

В статье приведены результаты исследования свойств интерметаллических соединений PrCo_5 , PrCo_{17} и влияние железа на их магнитные характеристики. Изучены намагниченности насыщения и остаточной индукции с постоянным содержанием празеодима 16,6 ат%, в зависимости от величины концентрации железа в системе Pr–Co–Fe, по разрезу PrCo_5 .

Summary

Magnetic properties of intermetallic compounds and influence of iron on magnetic features of PrCo_5 & PrCo_{17} are investigated in this work. Chemical composition, density, packing coefficient of anisotropic alloys hardened from 870 K and magnetization saturation, residual induction of intermetallics of Pr-Co-Fe system with constant content of praseodymium 16,6 in atomic percent.