

## ПРОЕКЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЛИКВИДУСА СИСТЕМЫ Sb-Fe-Pb

Ч.И.АБИЛОВ\*, М.Р.АЛЛАЗОВ\*\*, М.Ф.АГАЕВА\*\*\*

\*Азербайджанский Технический Университет

\*\*Бакинский Государственный Университет

\*\*\*Нахчыванский Государственный Университет

cabilov@yahoo.com

На основе результатов комплексных методов физико-химического анализа построена проекция поверхности ликвидуса системы Sb-Fe-Pb, состоящей из пяти полей первичной кристаллизации фаз и поля расщавления. Триангулирующими секущими система разбивается на две вторичные тройные подсистемы.

Выявление характера физико-химического взаимодействия в тройной системе Sb-Fe-Pb актуально для областей электронного и металлургического материаловедения. Ранее нами изучены некоторые разрезы тройной системы Sb-Fe-Pb [1,2]. В данном сообщении представлены диаграммы состояния разрезов  $\text{FeSb}_2 - \text{Pb}$ ,  $\text{Pb}_{0,825} \text{Sb}_{0,175} - \text{Fe}$ ,  $\text{Fe}_{1,2} \text{Sb} - \text{Pb}$  и проекция поверхности ликвидуса тройной системы Sb-Fe-Pb. Исходные компоненты последних двух разрезов, т.е.  $\text{Pb}_{0,825} \text{Sb}_{0,175}$  соответствует эвтектическому составу в бинарной системы Pb-Sb, а  $\text{Fe}_{1,2} \text{Sb}$  гомогенный состав из области ретроградной растворимости соединения  $\text{Fe}_3\text{Sb}_2$ , кристаллизующейся в структуре типа NiAs [3].

## Экспериментальная часть

Сплавы изучаемой системы синтезированы ампульным методом с вибрационным перемешиванием в однотемпературной печи из элементов; - свинца марки С-000, сурьмы СУ-000 и железа восстановленного до особочистого состояния. Температура синтеза в зависимости от состава сплавов была в пределах 1100-1300К. Охлаждение расплавов проводили со скоростью  $5 \div 7$  град./мин. с выдержкой при 805 и 525 К в течение полутора часов. Все сплавы подвергались дополнительному гомогенизирующему отжигу в течение 480 ч., при температурах ниже  $\sim 50 \div 100$  градусов температуры эвтектического равновесия. Физико-химический анализ проведен на основе дифференциально-термического (прибор НТР-73, термopара Pt/Pt-Rh), рентгенофазового (ДРОН-3,0;  $\text{CuK}_\alpha$  - излучение), микроструктурного (МЕТАН Р1, увеличение x360) анализов, а также измерениями микротвердости (ПМТ-3) и пикнометрической плотности (жидкость-толуол). Для выяснения микроструктуры использовали травитель состава  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .

## Результаты и их обсуждение

**Разрез  $\text{Fe}_{1,2}\text{Sb}-\text{Pb}$**  квазибинарный (рис.1), с монотектическим превращением и с узкой ограниченной гомогенной областью, существующей в интервале 473-893К. С понижением температуры область твердых растворов на основе  $\text{Fe}_{1,2}\text{Sb}$  сужается и при 300К доходит до нуля. В интервале концентраций  $\sim 10 \div 49,5$  ат. % Pb имеет место расслаивания фаз в жидком состоянии. Температура монотектического процесса  $\sim 1223\text{K}$ . Наблюдаемое монотектическое превращение, видимо, является следствием наличия в боковой системе  $\text{Fe}-\text{Pb}$  непрерывного ряда расслаивания, проникающий в дальнейшем и в тройную систему  $\text{Sb}-\text{Fe}-\text{Pb}$ . Температура фазового перехода в  $\text{Fe}_{1,2}\text{Sb}$  под влиянием свинца понижается с  $\sim 893\text{K}$  до  $\sim 773\text{K}$ .

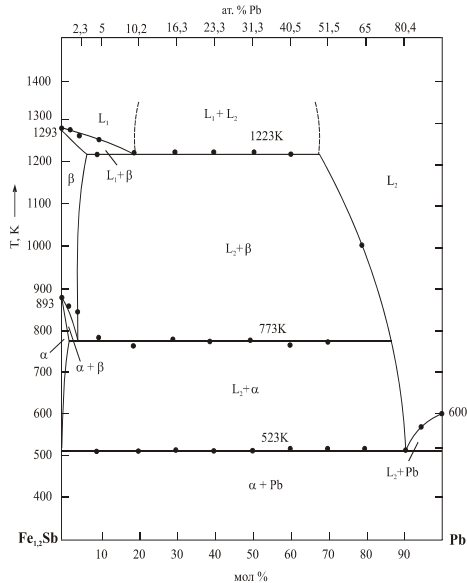


Рис. 1. Диаграмма состояния разреза  $\text{Fe}_{1,2}\text{Sb}-\text{Pb}$

**Разрез  $\text{FeSb}_2-\text{Pb}$**  неквазибинарный, ликвидус диаграммы состояния состоит из первичной кристаллизации фазы  $\text{Fe}_{1,2}\text{Sb}$  (рис.2). Кристаллизация этой фазы заканчивается при составе  $\sim 77$  ат. % Pb и температуре  $\sim 510\text{K}$ . Одновременно в этой точке сходится кривая кристаллизации  $\text{FeSb}_2$  – фазы, выделяющееся согласно реакции  $\text{Ж} + \text{Fe}_{1,2}\text{Sb} \leftrightarrow \text{FeSb}_2$ . В нижней части рис.2 приведены значения микротвердости сплавов различного состава в разрезе  $\text{FeSb}_2-\text{Pb}$ . В связи с отсутствием гомогенных областей, значения микротвердости исходных компонентов сохраняется и в сплавах обогащенных в составе  $\text{FeSb}_2$  и Pb.

**Разрез  $\text{Pb}_{0,825}\text{Sb}_{0,175}-\text{Fe}$**  также неквазибинарный (рис.3). В треугольнике  $\text{Sb}-\text{Fe}-\text{Pb}$  этот разрез пересекается с квазибинарным сечением  $\text{Fe}_{1,2}\text{Sb}-\text{Pb}$ , вследствие чего проходит через поля двух подчиненных треугольников  $\text{Fe}-\text{Fe}_{1,2}\text{Sb}-\text{Pb}$  и  $\text{Fe}_{1,2}\text{Sb}-\text{Sb}-\text{Pb}$ . Большая часть первого подчиненного треугольника охватывает поле расслаивания, отчего и в интервале концентрации  $\sim 23-100$  ат. % Fe сплавы разреза

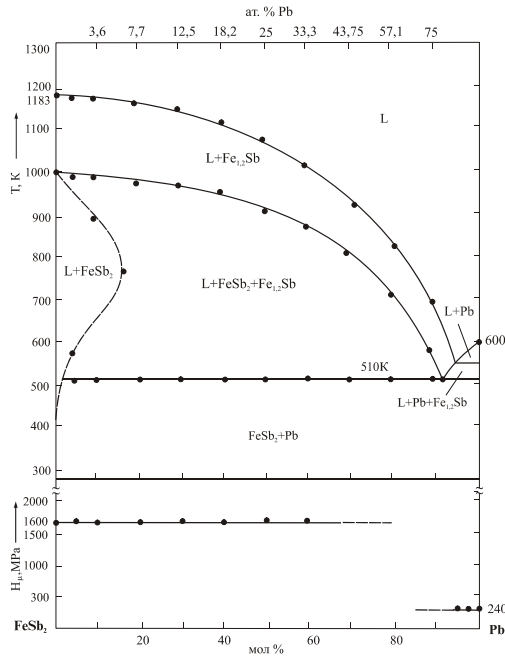


Рис. 2. Диаграмма состояния разреза  $\text{FeSb}_2$  - Pb и изменение значений микротвердости в зависимости от состава сплавов (нижние графики).

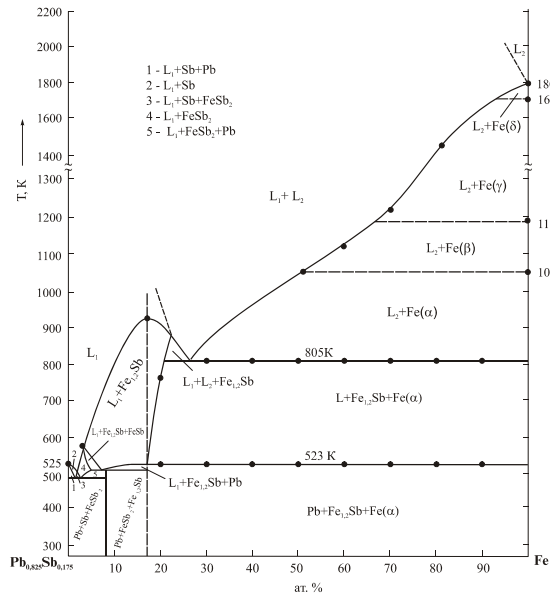
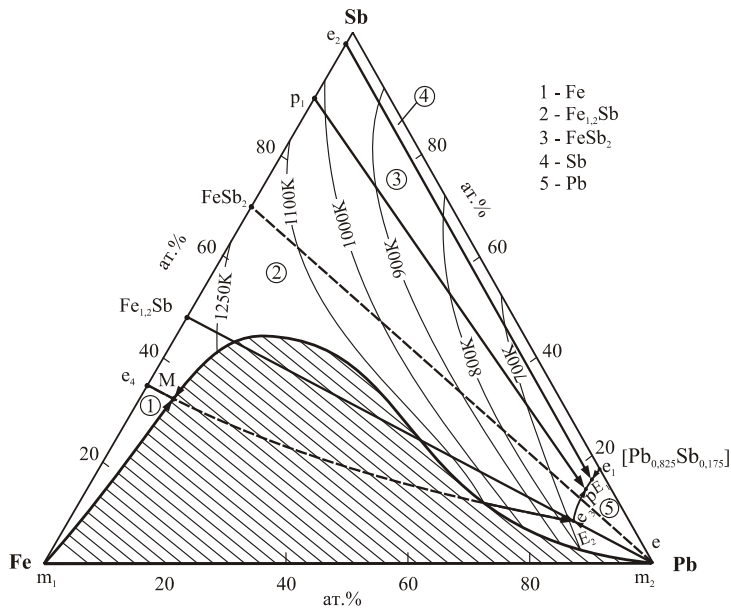


Рис.3. Диаграмма состояния разреза  $\text{Pb}_{0.825}\text{Sb}_{0.175}$  – Fe.

$Pb_{0,825} Sb_{0,175} - Fe$  кристаллизуются под раслаиванием. На основе обоих исходных компонентов практически не обнаружено области твердых растворов.

**Поверхность ликвидуса системы  $Sb - Fe - Pb$**  в виде проекции построена на основе результатов ранее изученных разрезов  $Fe_{1,2}Sb - Pb_{0,825} Sb_{0,175}$  и  $Sb_{0,7} Pb_{0,3} - Fe_{0,7} Pb_{0,3}$ , а также вышепредставленных трех диаграмм состояния (рис.4). Система триангулируется на два подчиненных треугольника, в которых, в общей сложности имеется пять полей первичной кристаллизации фаз ( $Fe$ ,  $Fe_{1,2}Sb$ ,  $FeSb_2$ ,  $Sb$  и  $Pb$ ). Характер взаимодействия в подчиненных системах имеет следующую картину.



**Рис.4.** Проекция поверхности ликвидуса тройной системы  $Sb-Fe-Pb$  (поля первичной кристаллизации фаз; 1-  $Fe$ , 2-  $Fe_{1,2}Sb$ , 3-  $FeSb_2$ , 4-  $Sb$ , 5 -  $Pb$ ).

**Система  $Fe - Fe_{1,2}Sb - Pb$**  характеризуется наличием одной неинвариантной точки  $E_2$ , где сходятся три кривых моновариантного равновесия  $Pb - E_2$ ,  $e_4E_2$  и  $PE_2$ , которые, в свою очередь, выделяют поля  $Pb$ ,  $Fe$  и  $Fe_{1,2}Sb$ . Этот подчиненный треугольник содержит также монотектическую точку  $M$ , находящейся на кривой равновесия  $e_4E_2$ .

**Система  $Fe_{1,2}Sb - Sb - Pb$**  характеризуется одной эвтектической ( $E_1$ ) и одной перитектической ( $P$ ) точкой. В тройной эвтектической точке  $E_1$  сходятся кривые равновесия  $e_2E_1$ ,  $PE_1$  и  $e_1E_1$ , которые, в свою очередь, выделяют поля первичной кристаллизации фаз  $FeSb_2$ ,  $Sb$  и  $Pb$ . В точке же  $P$  сходятся кривые неинвариантного равновесия  $E_2P$ ,  $r_1P$  и  $E_1P$ , выделяющие поля  $Fe_{1,2}Sb$ ,  $FeSb_2$  и  $Pb$ . Раслаивание, наблюдающееся в бинарной системе  $Fe - Pb$ , проникает также в эту подсистему и занимает незначительную часть ее кристаллизационного поля.

Протекающие химические реакции моновариантных и неинвариантных равновесий в системе  $Sb - Fe - Pb$  представлены в таблице.

Таблица

**Моновариантные и невариантные равновесия в системе Sb - Fe - Pb**

Нонвариантные точки и моновариантные кривые	Реакции	Температура, К
E <sub>1</sub>	Ж ↔ FeSb <sub>2</sub> + Sb + Pb	490
E <sub>2</sub>	Ж ↔ Fe <sub>1,2</sub> Sb + Fe + Pb	523
P	Ж + Fe <sub>1,2</sub> Sb ↔ FeSb <sub>2</sub> + Pb	500
e <sub>1</sub> E <sub>1</sub>	Ж ↔ Sb + Pb	525-490
e <sub>2</sub> E <sub>1</sub>	Ж ↔ FeSb <sub>2</sub> + Sb	901-490
PE <sub>1</sub>	Ж ↔ FeSb <sub>2</sub> + Pb	500-490
eE <sub>2</sub>	Ж ↔ Fe + Pb	600-523
e <sub>4</sub> E <sub>2</sub>	Ж ↔ Fe <sub>1,2</sub> Sb + Fe	1275-523
PE <sub>2</sub>	Ж ↔ Fe <sub>1,2</sub> Sb + Pb	500-523
p <sub>1</sub> P	Ж + Fe <sub>1,2</sub> Sb ↔ + FeSb <sub>2</sub>	1001-500
m <sub>1</sub> M	Ж <sub>1</sub> ↔ Ж <sub>2</sub> + Fe	805
m <sub>2</sub> M	Ж <sub>1</sub> ↔ Ж <sub>2</sub> + Fe <sub>1,2</sub> Sb	1223

Таким образом, в результате построения проекции поверхности ликвидуса установлено, что в тройной системе Sb - Fe - Pb имеются пять полей первичной кристаллизации фаз, семь кривых моновариантного равновесия, два тройных эвтектических, одна тройная перитектическая и одна монотектическая точка. Расслаивание, имеющее место в боковой двойной системе Fe-Pb, проникает в тройную систему и значительная часть кристаллизации фаз находится под ним.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Абилов Ч.И., Агаева М.Ф. Физико-химические и некоторые электрофизические свойства сплавов (Fe<sub>3</sub>Sb<sub>2</sub>)<sub>1-x</sub>(Pb<sub>0,825</sub>Sb<sub>17,5</sub>)<sub>x</sub> // Материалы докладов Международной конф. «Современные проблемы физики металлов». Баку: Элм, 2007, с.116-119.
2. Агаева М.Ф. Параметры фазового равновесия сплавов (Fe<sub>3</sub>Sb<sub>2</sub>)<sub>1-x</sub>Pb<sub>x</sub> // Азербайджанский журнал «Проблемы химии», 2006, №1, с.133-135.
3. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Справочник в 3-х томах (под ред.Н.П.Лякишева). М.: Машиностроение, 1996, т. 2, с. 545-547/

**Sb-Fe-Pb SİSTEMİNİN LİKVIDUS SƏTHİNİN PROYEKSİYASI**

Ç.İ.ƏBİLOV, M.R.ƏLLƏZOV, M.F.AĞAYEVA

**XÜLASƏ**

Fiziki-kimyəvi analizin kompleks metodlarının nəticələrinə əsasən Sb-Fe-Pb sisteminin likvidus səthinin proyeksiyası qurulmuşdur ki, o da ilkin fazaların beş kristallaşma və təbəqələşmə sahələrindən ibarətdir. Trianqulyasiyaedici kəsiklə sistem iki üçlü yarımsistemə ayrılır.

**PROJECTION OF THE LIQUIDUS SURFACE OF Sb-Fe-Pb SYSTEM**

Ch.I.ABİLOV, M.R.ALLAZOV, M.F.AGAYEVA

**SUMMARY**

On the basis of the results of complex methods of physical – chemical analysis, the projection of the liquidus surface of Sb-Fe-Pb system consisting of five fields of primary crystallization of phases and of a field aliquation is constructed. The system is broken into two secondary threefold subsystems by triangulating cutting.