

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

И. И. Новиков, В. В. Рощупкин, Н. Я. Михайлов, М. А. Покрасин, Экспериментальное исследование давления насыщенных паров сплавов на основе натрий-калиевой эвтектики, *ТВТ*, 1981, том 19, выпуск 4, 754–757

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.9.173

18 января 2025 г., 13:39:12



УДК 541.123

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДАВЛЕНИЯ НАСЫЩЕННЫХ ПАРОВ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ НАТРИЙ-КАЛИЕВОЙ ЭВТЕКТИКИ

*Новиков И. И., Роуцункин В. В., Михайлов Н. Я.,
Покрасин М. А.*

Статическим методом измерено давление насыщенных паров натрий-калиевой эвтектики до температуры 1440 К и сплавов натрий — калий — литий трех составов. Методом наименьших квадратов найдены аппроксимирующие уравнения. Проведено сравнение экспериментальных данных для тройных сплавов с полученными для чистой натрий-калиевой эвтектики.

Большой интерес, проявляемый к исследованию термодинамических свойств натрий-калиевой эвтектики и сплавов на ее основе, обусловлен возможностью их применения в качестве теплоносителя и рабочего тела в атомной энергетике. Однако ограниченное количество экспериментальных работ и большое расхождение полученных данных не позволяют достаточно точно судить о p_s - T_s -зависимости этих сплавов.

Ранее авторами проведены две серии измерений давления насыщенных паров натрий-калиевой эвтектики [1]. Однако с целью уточнения полученных данных и расширения температурного диапазона исследования дополнительно проведены три серии измерений. Так же как и в предыдущей работе, использовался статический метод, подробное описание которого представлено в [2]. Результаты проведенного исследования представлены в табл. 1.

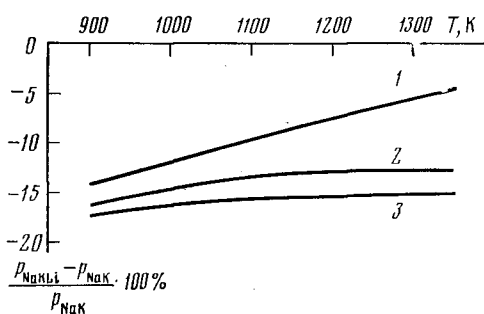
Отклонение значений давления насыщенных паров тройных сплавов от чистой натрий-калиевой эвтектики: 1 — 62,9 ат. % калия, 31,5 ат. % натрия, 5,6 ат. % лития; 2 — 56,8; 28,5; 14,7; 3 — 54,9; 27,5; 17,6

Вся совокупность полученных в [1] и в предлагаемой работе экспериментальных данных обработана с помощью метода наименьших квадратов с целью получения аппроксимирующего уравнения. В результате проведенной обработки получено следующее уравнение:

$$\ln p_s = 20,7049 - 5,4534/\tau + 9,0588 \ln \tau - 4,2960\tau, \quad (1)$$

где p_s — давление насыщенных паров в Па; $\tau = T, \text{ K}/1000$ — приведенная температура.

Сравнение полученного уравнения с уравнениями, полученными при обработке каждой серии отдельно, показало, что расхождение между ними



Результаты исследования p_s-T_s -зависимости натрий-калиевой эвтектики

Т, К	$p_s \cdot 10^{-3}$, Па	δp , %	Т, К	$p_s \cdot 10^{-3}$, Па	δp , %
1 серия					
1051,6	0,9423	-1,45	1086,9	1,2937	-1,33
1088,1	1,3074	-1,32	1124,7	1,7997	+0,10
1127,0	1,8044	-1,51	1142,7	2,0630	-0,56
1146,5	2,1348	-0,10	1166,8	2,5017	+0,31
1170,1	2,5664	+0,39			
2 серия					
1015,3	0,6741	-0,18	1053,8	0,9845	+0,90
1088,9	1,3555	+1,61	1090,9	1,3777	+1,51
1133,3	1,9428	+0,84	1135,7	1,9842	+1,05
1158,4	2,3622	+0,90	1159,3	2,3754	+0,78
1161,7	2,4391	+1,62	1162,7	2,4401	+0,89
1177,5	2,7099	+0,39	1233,3	3,9977	+0,34
1233,9	4,0179	+0,45	1262,6	4,8518	+0,79
1266,4	4,9600	+0,58	1293,0	5,8404	+0,66
1333,1	7,3566	+0,56	1370,7	9,0204	+0,74
3 серия					
1055,3	0,9967	+0,75	1090,7	1,3577	+0,21
1136,0	1,9714	+0,16	1147,4	2,1621	+0,28
1166,5	2,5050	+0,67	1186,5	2,8944	+0,13
1214,1	3,5331	+0,95	1252,2	4,4965	-0,23
1274,5	5,1993	+0,26	1299,2	5,9786	-0,02
1326,3	7,0287	-0,14	1338,8	7,5198	-0,35
1359,0	8,4670	+0,57	1369,5	8,9131	+0,16
1387,5	9,7971	+0,36	1398,4	10,3242	+0,13
1414,3	11,2162	+0,62	1427,9	12,0021	+0,90
1444,1	13,0464	+1,70			

не превышало $\pm 1,0\%$, а отклонение экспериментальных данных от аппроксимирующего уравнения (1) не превышало $\pm 1,7\%$. Среднее квадратическое (стандартное) отклонение экспериментальных точек относительно аппроксимирующего уравнения составляло $0,6\%$.

Одной из задач, стоящих перед данным исследованием, являлось получение сплавов на основе натрий-калиевой эвтектики, обладающих более низким давлением насыщенных паров. Для этого в качестве добавки был выбран литий, давление насыщенных паров которого значительно ниже, чем у других щелочных металлов, и в то же время при температуре ~ 700 К наблюдается почти полное растворение последнего в натрий-калиевой эвтектике.

В качестве добавок применялся литий, чистота которого составляла $99,87$ масс.%. Состав примесей был следующим: калий — $0,005$; железо — $0,003$; натрий — $0,074$; алюминий — $0,003$; магний — $0,001$; кальций — $0,007$; марганец — $0,005$; кислород — $0,010$; кремний — $0,003$; азот — $0,010$. Таким образом, основную часть примесей составляли калий и натрий, входящие в состав исходной эвтектики.

В данной работе проведено исследование давления насыщенных паров трех сплавов на основе натрий-калиевой эвтектики следующего состава: сплав № 1 — $62,9$ ат. % калия, $31,5$ ат. % натрия, $5,6$ ат. % лития; сплав № 2 — $56,8$ ат. % калия, $28,5$ ат. % натрия, $14,7$ ат. % лития; сплав № 3 — $54,9$ ат. % калия, $27,5$ ат. % натрия, $17,6$ ат. % лития.

Исследование давления насыщенных паров тройных сплавов проводилось статическим методом, подробное описание которого представлено в [3]. Но в отличие от описанной схемы в нижней части пьезометра пре-

Результаты исследования p_s-T_s -зависимости сплавов на основе натрий-калиевой эвтектики

Т. К	$p_s \cdot 10^{-5}$, Па	δp , %	Т. К	$p_s \cdot 10^{-5}$, Па	δp , %
Сплав № 1					
958,5	0,3277	+0,13	1033,5	0,7203	+0,07
1088,6	1,1947	-0,42	1144,9	1,9182	-0,17
1185,3	2,6288	+0,36			
Сплав № 2					
934,6	0,2410	-0,37	972,2	0,3660	-1,15
1035,7	0,7102	+0,34	1068,4	0,9639	+0,53
1102,3	1,2921	+0,30	1124,5	1,5598	+0,73
1136,8	1,7163	+0,33	1162,3	2,0969	+0,60
1175,8	2,3187	+0,48	1204,4	2,8419	+0,08
1218,0	3,1437	+0,64	1244,2	3,6873	-1,15
1267,2	4,2993	-0,77	1293,8	5,1085	-0,25
1325,5	6,1676	-0,40			
Сплав № 3					
898,1	0,1511	-0,22	936,6	0,2408	-0,57
978,8	0,3916	+1,03	998,6	0,4776	+0,16
1027,1	0,6309	-0,45	1061,2	0,8680	-0,56
1063,6	0,8862	-0,73	1147,9	1,7999	-0,53
1182,4	2,3481	+0,03	1185,1	2,4040	+0,42
1217,3	2,9980	-0,29	1257,2	3,9445	+0,44
1269,7	4,2125	-1,04	1105,2	1,2754	-0,50
1131,9	1,5920	-0,21	1147,2	1,8071	+0,44
1162,3	2,0269	+0,32	1163,0	2,0502	+0,91
1175,0	2,2424	+0,94	1191,0	2,5318	+1,37
1205,6	2,8156	+1,50	1218,4	3,0582	+0,92
1229,2	3,3020	+1,24	1238,5	3,4492	-0,67
1251,3	3,8111	+0,82	1264,2	4,1338	+0,64
1272,9	4,3672	+0,60	1305,70	5,3715	+1,08

дусмотрено отверстие для заполнения исследуемым сплавом, а термопары с помощью гильз вводились непосредственно внутрь пьезометра. Полученные экспериментальные данные представлены в табл. 2.

Проведенная с помощью метода наименьших квадратов обработка полученных данных дала следующие аппроксимирующие уравнения:

сплав № 1

$$\ln p_s = 20,3755 - 9,5403/\tau + 0,8257 \ln \tau, \quad (2)$$

сплав № 2

$$\ln p_s = 21,9671 - 11,1652/\tau - 0,8030 \ln \tau, \quad (3)$$

сплав № 3

$$\ln p_s = 17,7722 - 6,9939/\tau + 2,9512 \ln \tau. \quad (4)$$

Отклонение экспериментальных данных от аппроксимирующих уравнений не превышало $\pm 1,5\%$. Среднее квадратическое (стандартное) отклонение составляло $0,6\%$.

Как показал анализ полученных данных, добавки лития заметно снижают давление насыщенных паров натрий-калиевой эвтектики. На рисунке представлена температурная зависимость отклонения экспериментальных данных для тройных сплавов от давления насыщенных паров чистой натрий-калиевой эвтектики. Здесь p_{NaK} — давление насыщенных паров чистой натрий-калиевой эвтектики, найденное из уравнения (1); p_{NaKLi} — давление насыщенных паров тройных сплавов, найденное из уравнений (2) — (4).

Сравнение экспериментальных данных с рассчитанными по закону Рауля¹

Т. К	$\delta p_1, \%$	$\delta p_2, \%$	$\delta p_3, \%$	Т. К	$\delta p_1, \%$	$\delta p_2, \%$	$\delta p_3, \%$
900	-8,16	-0,13	+1,15	1150	-0,89	+4,10	+4,59
950	-6,19	+1,14	+2,21	1200	-0,03	+4,40	+4,72
1000	-4,52	+2,16	+3,02	1250	+0,68	+4,62	+4,90
1050	-3,11	+2,97	+3,64	1300	+1,26	+4,75	+4,98
1100	-1,90	+3,59	+4,09	1350	+1,75	+4,79	+5,10

¹ $\delta p_1, \delta p_2, \delta p_3$ — отклонение значений давления насыщенных паров, полученных из уравнений (2), (3), (4), от рассчитанных по закону Рауля.

Сравнение полученных экспериментальных данных для тройных сплавов с рассчитанными по закону Рауля представлено в табл. 3. В качестве исходных данных для расчета принимались значения давления насыщенных паров лития [4], калия [2] и натрия [5]. Отклонение экспериментальных данных от расчетных, по-видимому, можно объяснить наличием в парах сплавов многоатомных соединений. Таким образом, надежные данные о давлении насыщенных паров сплавов подобного состава можно получить лишь экспериментальным путем.

Институт металлургии
им. А. А. Байкова

Поступила в редакцию
22.VIII.1980

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков И. И., Роцупкин В. В., Михайлов Н. Я. и др. Экспериментальное исследование давления насыщенных паров натрий-калиевой эвтектики.— ЖФХ, 1979, т. 53, № 7, с. 1879.
2. Михайлов Н. Я., Покрасин М. А., Роцупкин В. В., Чернов А. И. Экспериментальное исследование упругости паров калия при температурах до 1350 К.— ТВТ, 1978, т. 16, № 5, с. 1101.
3. Роцупкин В. В., Михайлов Н. Я., Покрасин М. А. и др. Исследование упругости паров Al—Mg сплавов.— ТВТ, 1978, т. 16, № 6, с. 1311.
4. Анисимов В. М., Воляк Л. Д. Экспериментальное определение давления насыщенного пара лития.— ТВТ, 1969, т. 7, № 2, с. 371.
5. Ewing C. T., Stone J. P., Spann J. R., Miller R. R. High-Temperature Properties of Sodium.— J. Chem. and Eng. Data, 1966, v. 11, N 4, p. 463.