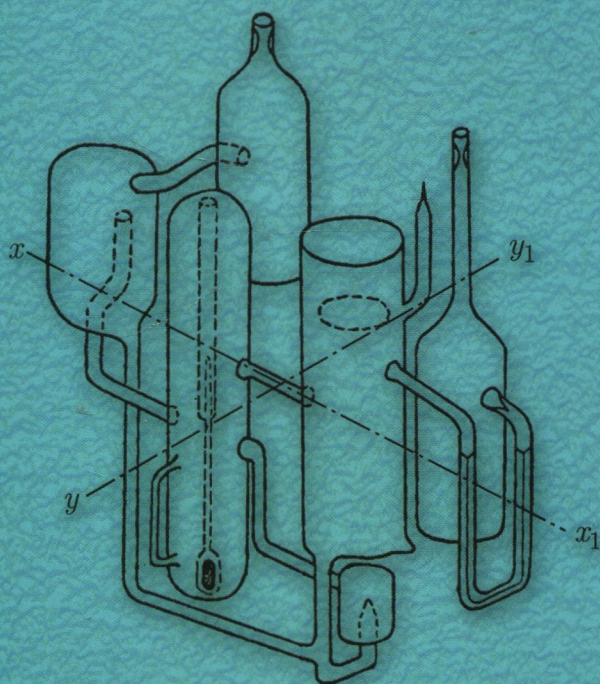


Р. Х. ДАДАШЕВ  
Р. А. КУТУЕВ  
В. А. СОЗАЕВ

# ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ СВИНЦА, ОЛОВА, ИНДИЯ, КАДМИЯ



Р. Х. ДАДАШЕВ  
Р. А. КУТУЕВ  
В. А. СОЗАЕВ

**ПОВЕРХНОСТНЫЕ  
СВОЙСТВА СПЛАВОВ  
НА ОСНОВЕ СВИНЦА,  
ОЛОВА, ИНДИЯ,  
КАДМИЯ**



МОСКВА  
ФИЗМАТЛИТ®  
2016

УДК 532.04.541.1

ББК 22.37

Д 14

Дадашев Р.Х., Кутуев Р.А., Созаев В.А. **Поверхностные свойства сплавов на основе свинца, олова, индия, кадмия.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. — 208 с. — ISBN 978-5-9221-1669-5.

В монографии рассмотрены фундаментальные термодинамические уравнения, характеризующие поверхностный слой как фазу конечной толщины. Для многокомпонентных систем получены уравнения и разработаны методы расчета термодинамических параметров поверхностного слоя по концентрационной зависимости поверхностного натяжения. В качестве примера приведены результаты расчетов состава, эффективной толщины и молярной площади компонентов в некоторых тройных и четверных системах. Из адсорбционного уравнения Гиббса, с учетом концентрационной зависимости молярной площади, получены теоретические уравнения для изотерм поверхностного натяжения двойных и тройных систем. Дается описание методов изучения поверхностного натяжения (метод лежащей капли и метод максимального давления в газовом пузырьке). Уделено внимание использованию современных информационных технологий в изучении поверхностных свойств жидкометаллических расплавов. Приведены как литературные данные, так и авторские исследования поверхностного натяжения жидких сплавов на основе свинца, олова, индия, в том числе свинец-висмутовых расплавов, находящихся широкое применение в качестве тяжелых теплоносителей в энергетических установках.

Для специалистов в области металлургии, материаловедения и теплофизики.

Рецензент:

д.ф.-м.н., проф. *Ю. М. Гуфан*, зав. отделом НИИ физики ЮФУ

ISBN 978-5-9221-1669-5

© ФИЗМАТЛИТ, 2016

© Р. Х. Дадашев, Р. А. Кутуев,  
В. А. Созаев, 2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	5
<b>Глава 1. Термодинамика поверхностных явлений жидких металлических систем.</b> . . . . .	6
1.1. Термодинамические уравнения изотерм поверхностного натяжения . . . . .	6
1.2. Уравнения изотерм поверхностного натяжения, базирующиеся на уравнении Гиббса . . . . .	8
<b>Глава 2. Термодинамическое описание поверхностных свойств методом слоя конечной толщины</b> . . . . .	15
2.1. Эффективная толщина поверхностного слоя растворов . . . . .	16
2.2. Температурная зависимость толщины поверхностного слоя жидких металлов . . . . .	19
2.3. Вычисление состава поверхностного слоя многокомпонентных растворов по концентрационной зависимости поверхностного натяжения . . . . .	23
2.4. Молярная поверхность, толщина поверхностного слоя и их зависимость от состава многокомпонентного раствора . . . . .	28
2.5. Парциально-молярные величины в многокомпонентных растворах. Парциально-молярные поверхности . . . . .	31
2.6. Парциально-молярные поверхности компонентов . . . . .	34
<b>Глава 3. Методика измерений поверхностного натяжения металлических расплавов</b> . . . . .	41
3.1. Метод лежащей капли . . . . .	41
3.2. Метод максимального давления в газовом пузырьке . . . . .	61
3.3. Методы обработки фотографий профиля лежащей капли при измерении углов смачивания . . . . .	69
<b>Глава 4. Экспериментальные данные по поверхностному натяжению сплавов на основе свинца</b> . . . . .	74
4.1. Поверхностное натяжение сплавов свинец–индий, свинец–олово, свинец–ртуть, свинец–галлий, свинец–таллий . . . . .	74
4.2. Влияние малых примесей висмута, серебра и никеля на поверхностное натяжение свинца . . . . .	83
4.3. Температурная зависимость поверхностного натяжения расплавов свинец–кальций и свинец–литий . . . . .	89
4.4. Поверхностное натяжение и плотность свинца, висмута и свинец–висмутовой эвтектики . . . . .	94
<b>Глава 5. Полимеры углов смачивания реакторных сталей расплавами системы свинец–висмут</b> . . . . .	102
5.1. Смачивание конструкционных материалов ядерных реакторов жидкими свинцом и висмутом при высоких температурах . . . . .	102
5.2. Смачивание расплавом свинец–висмут эвтектического состава реакторных сталей . . . . .	105
5.3. Полимеры углов смачивания висмутистым свинцом реакторных сталей . . . . .	107

5.4. Политермы угла смачивания стали 12X18H9T свинцом с малыми добавками лития . . . . .	108
<b>Глава 6. Поверхностные свойства сплавов на основе олова, индия, галля и кадмия . . . . .</b>	<b>111</b>
6.1. Политермы поверхностного натяжения расплава индий-натрий . . .	114
6.2. Политермы поверхностного натяжения расплавов кадмий-натрий . . .	117
6.3. Политермы поверхностного натяжения в системе олово-стронций . . .	125
6.4. Изотермы и политермы поверхностного натяжения и молярных объемов двойных систем олово-таллий, индий-таллий . . . . .	127
6.5. Поверхностное натяжение и молярные объемы в расплавах галлий-висмут. . . . .	133
<b>Глава 7. Смачивание расплавами на основе олова, индия, кадмия, подложек из графита и спецсталей . . . . .</b>	<b>138</b>
7.1. Политермы смачивания жидким оловом, индием и свинцом графита . . .	142
7.2. Политермы углов смачивания расплавов свинец-литий, индий-натрий и кадмий-натрий на стали 12X18H9T и графите . . . . .	143
7.3. Смачивание расплавами индий-натрий стали 12X18H9T . . . . .	145
7.4. Смачивание графита расплавами кадмий-натрий. . . . .	148
7.5. Влияние фотонного отжига алюминиевых пленок на кремнии на их смачивание расплавами олово-стронций и олово-барий . . . . .	149
7.6. Политермы углов смачивания алюминия и алюминий-литиевого сплава расплавами на основе олова. . . . .	155
<b>Глава 8. Термодинамические параметры поверхностного слоя многокомпонентных систем. . . . .</b>	<b>162</b>
8.1. Поверхностные свойства тройных систем . . . . .	162
8.2. Концентрационная зависимость поверхностного натяжения четырехкомпонентной системы индий-олово-свинец-висмут. . . . .	167
8.3. Адсорбция, эффективная толщина, молярная поверхность и состав поверхностного слоя четырехкомпонентной системы индий-олово-свинец-висмут. . . . .	173
8.4. Плотность и поверхностное натяжение расплава цинк-алюминий-молибден-магний . . . . .	175
8.5. Политермы углов смачивания сербской бронзой меди, стали 12X18H9T и алюминия. . . . .	179
Заключение . . . . .	185
Список обозначений и сокращений . . . . .	186
Список литературы . . . . .	188