

В. В. Леонов

Микротвердость одно- и двухфазных сплавов

Теория микротвердости
и банк данных по микротвердости
тройных твердых растворов
на основе никеля

Монография

Институт цветных металлов и материаловедения



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

В. В. Леонов

**МИКРОТВЕРДОСТЬ
ОДНО- И ДВУХФАЗНЫХ СПЛАВОВ
ТЕОРИЯ МИКРОТВЕРДОСТИ
И БАНК ДАННЫХ ПО МИКРОТВЕРДОСТИ
ТРОЙНЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ
НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ**

Монография

Красноярск
СФУ
2013

УДК 669.018
ББК 34.2
Л476

Рецензенты:

А. В. Голоунин, д-р хим. наук, ведущий научный сотрудник Института химии и химической технологии СО РАН;

И. В. Трифанов, д-р техн. наук, проф. зав. каф. управления качеством и сертификации Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева

Леонов, В. В.

Л476

Микротвердость одно- и двухфазных сплавов. Теория микротвердости и банк данных по микротвердости тройных твердых растворов на основе никеля : монография / В. В. Леонов. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. – 326 с.

ISBN 978-5-7638-2672-2

В монографии представлена микротвердость вещества как параметр, связанный с внутренней энергией на единицу объема сплава. Влияние вида и концентрации дефектов кристаллической решетки на микротвердость сплава рассмотрено с позиций физической химии процессов в твердом теле. Дано обоснование влияния температуры и внешних воздействий (электрического и магнитного полей) на микротвердость сплава. Приведен банк данных по микротвердости 52 тройных твердых растворов на основе никеля. Второй и третьей примесью попарно использованы наиболее часто применяемые элементы: Cu, Al, C, Si, Ge, Pb, Ti, Cr, Mo, W, Mn, Fe, Co.

Приведенные в монографии банк данных и расчеты помогут специалистам перейти от качественного прогноза микротвердости к количественному и ускорить получение материалов с высокой, средней и низкой твердостью.

Предназначена для материаловедов, металлургов и машиностроителей.

УДК 669.018
ББК 34.2

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
1. Связь микротвердости со строением вещества	8
1.1. Обзор эмпирических закономерностей и теоретических гипотез о природе твердости	8
1.2. Теория микротвердости при отпечатке индентора, равном размеру атома	10
1.3. Влияние нагрузки индентора на величину микротвердости вещества	20
1.3.1. Эмпирический подход	20
1.3.2. Количественный учет нарушений	22
1.4. Взаимосвязь микротвердости вещества с поверхностной энергией	24
1.5. Анизотропия микротвердости кристаллических веществ	26
2. Влияние примеси на микротвердость металла	29
2.1. Влияние одной примеси на микротвердость металла	29
2.1.1. Микротвердость идеальных твердых растворов	30
2.1.2. Микротвердость неидеальных твердых растворов	31
2.1.3. Микротвердость непрерывного ряда твердых растворов	34
2.2. Влияние двух и более примесей на микротвердость металла	37
2.2.1. Определение энтальпии смешения многокомпонентных растворов	38
2.2.2. Микротвердость металла с двумя примесями	42
3. Влияние примеси на микротвердость простого полупроводника	48
3.1. Влияние вида и концентрации примеси на микротвердость простого полупроводника	48
3.1.1. Учет ионизации примесных атомов	48
3.1.2. Взаимосвязь микротвердости и электропроводности полупроводника с одной примесью	51
3.1.3. Микротвердость непрерывного ряда твердых растворов полупроводников	57
3.2. Влияние двух примесей на микротвердость простого полупроводника	59
3.2.1. Влияние двух примесей донор – донор или акцептор – акцептор на микротвердость простого полупроводника	60
3.2.2. Влияние двух примесей донор – акцептор на микротвердость простого полупроводника	63
3.3. Обобщенные уравнения зависимости микротвердости вещества от изменения его параметров	67

4. Влияние примеси на микротвердость бинарного соединения AB.....	69
5. Влияние температуры на микротвердость однофазного сплава.....	73
6. Влияние концентрации свободных электронов в веществе на микротвердость.....	81
6.1. Влияние освещения на микротвердость полупроводника.....	81
6.2. Влияние электрического поля на микротвердость полупроводника.....	83
6.3. Влияние одновременного наложения электрического и магнитного полей на микротвердость вещества. Влияние радиоактивного облучения.....	86
7. Микротвердость двухфазных сплавов.....	90
7.1. Микротвердость двухфазных эвтектических сплавов.....	91
7.1.1. Влияние примеси на микротвердость эвтектических слитков.....	97
7.1.2. Изменение взаимной растворимости компонентов эвтектики в зависимости от вида и концентрации примеси.....	98
7.1.3. Сопоставление с экспериментом теоретической зависимости микротвердости эвтектических слитков от концентрации примеси.....	106
7.1.4. Влияние скорости кристаллизации и закалки на микротвердость эвтектических сплавов.....	111
7.1.5. Сопоставление с экспериментом теоретической зависимости микротвердости эвтектических сплавов от скорости кристаллизации.....	114
7.2. Зависимость микротвердости двухфазных сплавов от соотношения объемов фаз.....	122
7.3. Влияние температуры на микротвердость эвтектических слитков.....	125
7.4. Сверхмягкость эвтектических сплавов.....	126
7.5. Микротвердость искусственно армированных композиционных материалов.....	127
8. Методы определения коэффициентов m и n уравнения псевдопотенциала в форме Г. Ми.....	129
8.1. Определение коэффициентов m и n по сжимаемости твердого вещества.....	129
8.2. Определение произведения коэффициентов mn по термическим свойствам твердого вещества.....	134

9. Банк данных по микротвердости твердых растворов на основе никеля с двумя примесями.....	136
9.1. Цель исследования. Методика приготовления сплавов и их измерения	136
9.1.1. Методика приготовления сплавов и их измерения	136
9.1.2. Пример обработки результатов измерения * микротвердости и параметра кристаллической решетки на одной системе	140
9.2. Микротвердость твердых растворов Ni–Me ₂ –Me ₃	153
9.2.1. Твердые растворы группы систем Ni–Cu–Me ₃	153
9.2.2. Твердые растворы группы систем Ni–Al–Me ₃	169
9.2.3. Твердые растворы группы систем Ni–C–Me ₃	184
9.2.4. Твердые растворы группы систем Ni–Si–Me ₃	194
9.2.5. Твердые растворы группы систем Ni–Ge–Me ₃	206
9.2.6. Твердые растворы группы систем Ni–Sn–Me ₃	211
9.2.7. Твердые растворы группы систем Ni–Pb–Me ₃	213
9.2.8. Твердые растворы группы систем Ni–Ti–Me ₃	215
9.2.9. Твердые растворы группы систем Ni–Nb–Me ₃	229
9.2.10. Твердые растворы группы систем Ni–Cr–Me ₃	238
9.2.11. Твердые растворы группы систем Ni–Mo–Me ₃	251
9.2.12. Твердые растворы группы систем Ni–W–Me ₃	256
9.2.13. Твердые растворы группы систем Ni–Mn–Me ₃	265
9.2.14. Твердые растворы группы систем Ni–Fe–Me ₃	270
9.2.15. Твердые растворы группы систем Ni–Co–Me ₃	275
9.2.16. Твердые растворы системы Ni–Cu–Co	278
9.3. Закономерности изменения микротвердости никелевых твердых растворов от вида и расположения двух примесей в Периодической системе Д.И. Менделеева	283
9.3.1. Корреляция влияния каждой примеси на микротвердость никеля с другими свойствами примесного элемента.....	285
9.3.2. Сравнение влияния третьего компонента на свойства системы Ni–Cr–Me ₃	290
9.3.3. Корреляция между электроотрицательностью и влиянием третьего компонента на микротвердость сплава Ni–Ti–Me ₃	300
9.3.4. Сравнение влияния третьего компонента на свойства системы Ni–Cu–Me ₃	303
Заключение	316
Библиографический список	317