

БЛАГОДАРНОСТИ: Работа выполнена при поддержке Госбюджетной темы № 6.37.137.2011 и гранта № 13-01-00598.

Поступила в редакцию 10 апреля 2013 г.

Fedorovsky G.D. FULLERENES-TIME CONFORMITY OF DEFORMATION AND STRENGTHEN PROPERTIES OF PO-

LYMERIC COMPOSITE WITH VARIOUS FILLING OF FULLERENE C<sub>60</sub>

Dependences of a degree kind of mechanical-time characteristics from of the content fullerene C<sub>60</sub> are installed. Analytical models of fullerene-time conformity are offered.

*Key words:* nanocomposite; polymethylmetacrilate; fullereneC<sub>60</sub>; durability; the module of elasticity; fullerene-time conformity; generalized time; its scale.

УДК 539

## ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ Al, Ni, Cu НА ВАКАНСИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОСЛЕДСТВИЯ

© Н.В. Камышанченко, О.А. Печерина, А.В. Гальцев, М.И. Дурыхин

*Ключевые слова:* электрон; оболочки; орбитали; ГЦК-структуры; закалка; нагружение; текучесть; вакансии; дислокации; энергия.

Рассмотрено влияние физико-механических свойств на структуры атомов, их электронных оболочек и орбиталей ГЦК-металлов в процессе термомеханического воздействия.

Различные дефекты решетки играют важную роль во всевозможных физических процессах, происходящих в металлах и сплавах. Поэтому изучение свойств металлов в зависимости от их структурного состояния может дать не только ценную информацию о характере влияния тех или иных дефектов решетки на свойства металлов, но также помочь в выяснении механизма различных процессов. Этот общий подход влияния дефектов решетки на кристаллические свойства металлов и сплавов часто не способен объяснить причины преимущественного влияния одного механизма в сравнении с другими в одинаковых кристаллических структурах.

Таблица 1

Металл	Al	Ni	Cu
Атомная масса	26,98154	58,69	63,546
Электронная конфигурация внешней оболочки	3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup>	3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup>
Атомный радиус, нм	0,143	0,125	0,127
Размер решетки, нм	0,40491	0,35243	0,36147
Плотность, кг/дм <sup>3</sup>	2,6989	8,8970	8,9320
Температура плавления, К	933,2	1728	1356
Теплота плавления, КДж/моль	10,55	16,90	13,00
Теплоемкость, Дж/м·К	25,1	445	390
Теплоемкость, Вт/м·К	225,299	92,0	385–402
Температурный коэффициент линейного расширения, К <sup>-1</sup>	24,56·10 <sup>-6</sup>	13,1·10 <sup>-6</sup>	16,8·10 <sup>-8</sup>
σ <sub>в</sub> , МПа	78,45–98,07	400–500	220–240

Известно, что свойства металлов являются однозначной функцией расположения атомов в кристаллической решетке. В реальных твердых телах расположение атомов в решетке носит несовершенный характер. Наличие различного рода несовершенств влияет на характер физических процессов, происходящих в твердых телах, и может совершенно изменить их свойства.

В данной статье рассматриваются только дефекты, образованные в процессе температурного воздействия, и реакции, возникающие в процессе взаимодействия дислокаций с вакансиями и их объединениями.

Скачкообразное изменение температуры оказывает влияние на многие свойства металлов, присущие им в установленных условиях эксплуатации. В частности, температурное воздействие влияет на изменение равновесных размеров тела, что, в свою очередь, способствует развитию релаксационных и пластических процессов вследствие изменения концентрации вакансий, а также в результате конденсации вакансий на системе дислокаций и др.

Таблица 2

Результаты эксперимента

Металл	Al	Ni	Cu
σ <sub>0,2</sub> в отожженном состоянии, МПа	3,6	40	20
Температура закалки, К	923	1573	1323
σ <sub>0,2</sub> после закалки, МПа	14	100	32
σ <sub>0,2</sub> после закалки, нагружения 0,5 σ <sub>0,2</sub> , МПа	22	175	52
Величина упрочнения, в разы	6	4,4	2,7

В качестве материалов для исследования были выбраны Al, Ni, Cu, относящиеся к одной и той же структуре – ГЦК и характеризующиеся одинаковой чистотой. Некоторые структурные и физико-механические характеристики приведены в табл. 1 [1].

Образцы подвергались закалке от высоких температур в воде при 273 К с последующим нагружением  $\sigma_n = 0,5\sigma_{0,2}$  при 77 К и отжигу при 293 К в течение 24 часов. Разрыв осуществлялся при 77 К (табл. 2).

Повышение механических параметров, в частности предела текучести, обосновывается влиянием закалочных дефектов и развитием направленного диффузионного перемещения вакансий [2, 3].

Под воздействием внешней нагрузки, не превышающей предела текучести при температуре нагружения, создаются условия для закрепления более длинных дислокаций на имеющихся стопорах и в результате взаимодействия с вакансиями и их объединениями. Термическая и механическая активизация диффузионных и микросдвиговых механизмов, релаксация локальных напряжений способствуют установлению более однородной по напряжениям и энергетически равновесной структуры материалов [4].

Известно, что физические и химические свойства металлов и силы связи в них определяются электронной структурой атомов, из которых они состоят [5].

Согласно квантовой механике, состояние и положение электронов в атоме определяется квантовыми числами, вытекающими из постулата Бора [6, 7]. Взаимодействие электронов в оболочках приводит к различному заполнению оболочек металлов даже в одном и том же периоде таблицы Менделеева. Так, в меди число в орбитали  $d$  электронов на два больше в сравнении с никелем. В результате, казалось бы, незначительного отклонения в структуре электронных оболочек и близости параметров решетки, плотности, атомные радиусы (табл. 1), результаты механико-термического воздействия существенно отличаются (табл. 2). Атомное состояние Cu отличается от Ni закрытостью электронной оболочки, что приводит к росту энергии, необходимой для образования вакансий. Al, как и Ni, характеризуются открытостью электронной оболочки; отличаются размером «а»-решетки, атомными радиусами, плотностью и другими параметрами. Однако количество энергии, необходимой для образования вакансий ( $\Delta H_f$ ), отличается незначительно. При этом на образование вакансий в Cu необходимо затратить 17,9 ккал/г·ат, в Al – только 11,8 ккал/г·ат [8].

При описании физико-механических процессов в твердых телах необходимо учитывать структурные и

основные характеристики свободных атомов, их изменения при образовании агрегатного состояния.

## ВЫВОДЫ

Одни и те же дефекты атомного типа оказывают различное влияние на такие процессы, как диффузия, электропроводность, пластичность и др.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Физика твердого тела: энциклопедический словарь. К.: Наукова думка, 1996. Т. 1. 652 с.
2. Дефекты в закаленных металлах / под ред. А.А. Цветаева. М.: Атомиздат, 1969. 384 с.
3. Лихачев В.А., Владимиров В.И. Вакансионные механизмы температурного последствия // ФММ. 1964. Т. 17. Вып. 3. С. 655-662.
4. Неклюдов И.М., Камышанченко Н.В., Кузьменко И.Н. Программное упрочнение кристаллических материалов на примере меди и алюминия // ФММ. 2009. Т. 108. № 4. С. 1-4.
5. Неклюдов И.М., Камышанченко Н.В. Основы физики прочности и пластичности металлов: учеб. пособие. Белгород: Изд-во БелГУ, 2003. 484 с.
6. Ван Фллек. Теоретическое и прикладное материаловедение. М.: Атомиздат, 1975. 472 с.
7. Каганов М.И. Квазичастицы: идеи и принципы квантовой физики твердого тела. М.: Наука, 1989. 96 с.
8. Дехтяр И.Я. Дефекты кристаллического строения и некоторые свойства металлов и сплавов // УФН. 1957. Т. 62. Вып. 2. С. 99-128.

## БЛАГОДАРНОСТИ:

1. Исследования проведены с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием НИУ БелГУ.

2. Работа выполнена при финансовой поддержке научно-исследовательской работы «Релаксационные процессы и модификация физико-механических свойств материалов с ГПУ-структурой в результате термомеханического и ультразвукового воздействий», выполняемой в рамках государственного задания 2.2786.2011 за 2012 г.

Поступила в редакцию 10 апреля 2013 г.

Kamyshanchenko N.V., Pecherina O.A., Galtsev A.V., Durykhin M.I., INFLUENCE OF Al, Ni, Cu STRUCTURAL QUALITIES OF VACANCION DEVICES OF THERMIC AFTER-EFFECT

The influence of physics-mechanical qualities on the structure of atom, its electronic shell and orbital of FCC-metals in a process of thermomechanical impact is examined.

*Key words:* electron; shells; orbitals; FCC-structure; hardening; exciting; yield; vacancy; dislocation; energy.