

# ОЦЕНКА ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОДЕКАБОРИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Одинцов В. В.

Херсонский государственный университет, Украина  
73000, Херсон, ул. 40 лет Октября, 27. E-mail: [kurilenko@ksu.ks.ua](mailto:kurilenko@ksu.ks.ua)

Додекабориды редкоземельных металлов – перспективный класс тугоплавких материалов. Додекабориды редкоземельных металлов иттриевой подгруппы, иттрия, циркония и урана имеют гранцентрированную кубическую решетку типа NaCl ( $UB_{12}$ ), которая принадлежит к пространственной группе  $O_h^5$ - $Fm\bar{3}m$  с четырьмя атомами в элементарной ячейке [1].

Основные физико-химические свойства кубических додекаборидов металлов были исследованы систематически в 70-х годах XX ст. и описаны в ряде работ [2, 3]. Установлено, что эти додекабориды одновременно с высокими температурами плавления (2400 - 3000К), химической стойкостью к действию кислот и их смесей, на воздухе окисляются при температуре 823 - 873К, характеризуются высокой электро- и теплопроводностью ( $\rho=(12\div 20)\cdot 10^{-8}$  Ом•м,  $\lambda = (20\div 40)$  Вт/мК), проявляют парамагнитные свойства. Однако механические свойства этого класса соединений практически не изучены.

На основе исследования микротвердости додекаборидов редкоземельных металлов мы попытались связать эту характеристику с другими прочностными, механическими характеристиками.

Микротвердость образцов определялась на приборе ПМТ-3, тщательно эталонированном по кристаллу NaCl при температуре 293К.

Были определены числовые значения микротвердости додекаборидов 3200, 3000, 2600, 2400, 2700, 2800, 2900 кг/мм<sup>2</sup>, соответственно для  $YB_{12}$ ,  $ZrB_{12}$ ,  $TbB_{12}$ ,  $DyB_{12}$ ,  $HoB_{12}$ ,  $ErB_{12}$ ,  $TmB_{12}$ ,  $LuB_{12}$ , (при нагрузке на индентор 100). Для додекаборида иттербия при нагрузках 50г и более наблюдались сколы ( $H_{30} = 3300$  кг/мм<sup>2</sup>).

Микротвердость – параметр, связанный с энергией межатомного взаимодействия, а повышенные значения этой величины у додекаборидов можно объяснить усилением ковалентных связей в ряду боридов  $MeB_4 \rightarrow MeB_6 \rightarrow MeB_{12}$ .

Используя представления, разработанные в работе [4], что бориды, как и карбиды, халькогениды редкоземельных металлов со

структурой NaCl являются тугоплавкими, мы попытались связать микротвердость с объемным модулем упругости  $K_s$ , удельной свободной поверхностной энергией кристаллов  $\sigma(hkl)$  и молярной поверхностной энергией на атом  $\sum_{(hkl)}$ . Так как  $K_s = \frac{D\bar{z}}{a^4}$ , где  $a$  – период

решетки;  $\bar{z} = \frac{z_k + z_b}{2}$  для соединений АВ.

Для додекаборидов  $\bar{z} = 3$ ,  $D = 1,15\cdot 10^{25}$  Нм. Определяем энергию:  $\sigma_{(hkl)} = Aak_s$ .

Для структур типа NaCl плоскость (100),  $A = 1,325\cdot 10^{-21}$ . Микротвердость  $H = B(\sigma_{(hkl)} - C)$ , где  $B = 0,26$  (с/м)<sup>2</sup>,  $C = 85\cdot 10^{-3}$  Дж/м<sup>2</sup>. Молярная поверхностная энергия на атом:  $\sum_{(hkl)} = S \cdot \sigma_{(hkl)}$

Нами получены такие результаты: объемный модуль упругости  $K_s = 1,25; 1,01; 0,94; 1,05; 1,09; 1,17; 1,14; 1,18\cdot 10^{-12}$  Н/м<sup>2</sup>. Удельная свободная поверхностная энергия  $\sigma_{(hkl)} = 12,39; 10,09; 9,32; 10,47; 10,85; 11,65; 11,24; 11,62$  Дж/м<sup>2</sup>. Молярная поверхностная энергия  $\sum_{(hkl)} = 1,74; 1,42; 1,31; 1,47; 1,52; 1,62; 1,57; 1,61\cdot 10^{-18}$  Дж/атом. Все значения приведены для  $YB_{12}$ ,  $ZrB_{12}$ ,  $TbB_{12}$ ,  $DyB_{12}$ ,  $HoB_{12}$ ,  $ErB_{12}$ ,  $TmB_{12}$ ,  $LuB_{12}$ , соответственно.

Такой подход дает значение модуля Юнга для додекаборидов  $\approx 2\cdot 10^{12}$  Н/м<sup>2</sup>, что коррелирует с величиной модуля Юнга для алмаза  $1,2\cdot 10^{12}$  Н/м<sup>2</sup>, бора  $0,39\cdot 10^{12}$  Н/м<sup>2</sup> и  $LaB_6$   $0,49\cdot 10^{12}$  Н/м<sup>2</sup>.

1. Bertaut F., Blum P. La structure des borides d'uranium // Comp. Rend. acad. Scien. Colon, vol. 229, 1949, p. 666.

2. Одинцов В. В. Получение додекаборидов редкоземельных металлов иттриевой подгруппы. Технология получения новых материалов. - Киев, 1972. - С. 85-87.

3. Одинцов В. В. Додекабориди рідкісноземельних металів. - Київ, 1992. - 57с.

4. Ощерин Б. Н. О расчете и природе некоторых физико-химических и физических свойств тугоплавких соединений редкоземельных металлов // Тугоплавкие соединения редкоземельных металлов. Новосибирск, 1979. - С. 10-15.