



УДК 621.7

BRIQUENESS OF CUBIC DODECABORIDE OF RARE-EARTH METALS ХРУПКОСТЬ КУБИЧЕСКИХ ДОДЕКАБОРИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Koren E.V. / Корень Е.В.

master's degree / магистр

ORCID: 0000-0002-6472-3406

Kherson State Agrarian University, Kherson, Stretenskaya 23, 73006

Херсонский государственный аграрный университет, Херсон, ул. Стретенская 23, 73006

Аннотация. В работе рассматривается исследование хрупкости додекаборидов YB_{12} , TbB_{12} , DyB_{12} , HoB_{12} , ErB_{12} , TmB_{12} , YbB_{12} , LuB_{12} , ZrB_{12} на образцах, полученных методами порошковой металлургии, по микротвердости, определяемой на приборе ПМТ-3. Полученные результаты объясняются кристаллическим строением изучаемых материалов, наличием в них атомов редкоземельных металлов.

Ключевые слова: хрупкость, прочностные свойства, тугоплавкие соединения, додекабориды.

Вступление.

Хрупкость – одно из прочностных свойств тугоплавких соединений, к которым можно отнести додекабориды редкоземельных металлов со структурой типа UB_{12} . Сведения о механических, прочностных свойствах этого класса изоморфных соединений весьма ограничены. Известно, что только редкоземельные металлы иттриевой подгруппы, цирконий и уран образуют кубические додекаборидные фазы. Структуру этих фаз можно представить как структуру NaCl. В положениях натрия находятся атомы редкоземельного металла, а в положениях хлора – архимедовы кубооктаэдры из атомов бора (рис. 1).

Из прочностных характеристик кубических додекаборидов известно, что предел прочности YB_{12} 165 кг/мм^2 [1], по нашим исследованиям – 156 и 152 кг/мм^2 для YB_{12} и ErB_{12} соответственно.

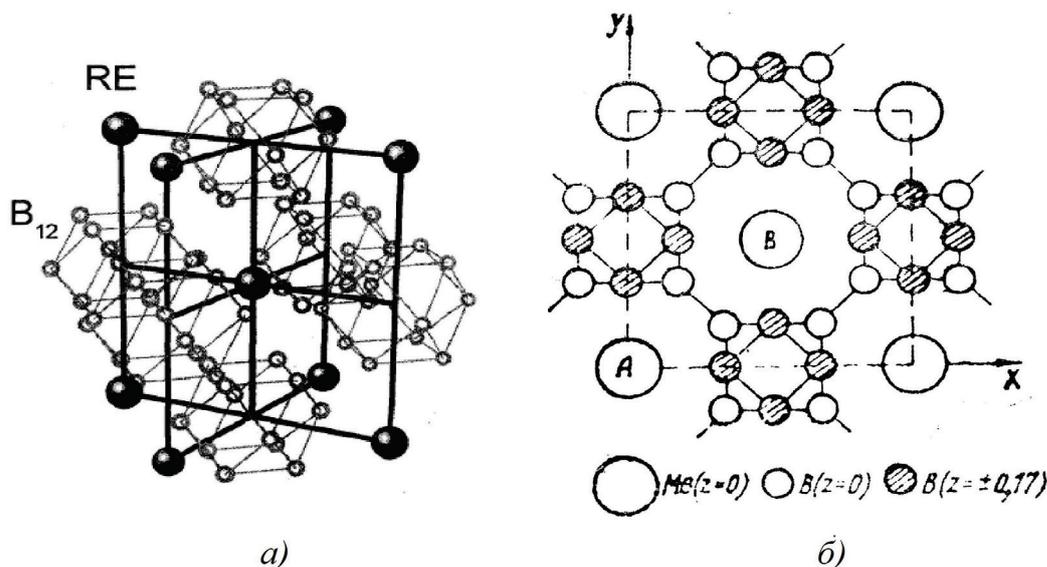


Рис.1. Кристаллическая структура додекаборидов редкоземельных металлов типа UB_{12} в пространстве а) и в проекции на плоскость XOY б)



Модуль Юнга по результатам исследования монокристаллических додекаборидов [2]: 234, 213, 214, 233, 232 ГПа для ZrB_{12} , HoB_{12} , ErB_{12} , TmB_{12} , LuB_{12} соответственно. На образцах, полученных методами порошковой металлургии нами, модуль Юнга 240, 210, 150, 180, 170, 200, 210, 220, 190 для YbB_{12} , TbB_{12} , DyB_{12} , HoB_{12} , ErB_{12} , TmB_{12} , YbB_{12} , LuB_{12} , ZrB_{12} соответственно. Расчетным путем для этих фаз оценены коэффициент Пуассона $0,31 \div 0,39$, модуль сдвига 180, 141, 151, 166, 143, 157, 154, 141, 156 ГПа. Нами также установлено, что додекабориды YbB_{12} , TbB_{12} , DyB_{12} , HoB_{12} , ErB_{12} , TmB_{12} , YbB_{12} , LuB_{12} , ZrB_{12} обладают повышенной, по сравнению с другими боридными фазами, износостойкостью [3].

Сведения о хрупкости додекаборидов в литературных источниках отсутствуют. В работах [4] и [5] указывается, что хрупкость боридов, как и других металлоподобных соединений, очень высокая. Что касается методик определения этого параметра, они ограничены.

Основной текст. Для оценки хрупкости в работах Г.В. Самсонова, В.С. Нешпора, Л.М. Хреновой и др. [5] использовался метод микрохрупкости. Сущность этой методики заключается в получении отпечатка алмазной пирамиды прибора ПМТ-3 при разных нагрузках, с оценкой количества и характера возникающих при этом трещин и других дефектов. При этом вводится так называемый средний балл хрупкости, рассчитываемый по степени разрушения, проявляющейся в характере отпечатка (рис. 2).



Рис. 2. Характер отпечатков для оценки балла разрушения

Оценка степени разрушения производится по пятибалльной шкале (таблица 1).

Таблица 1

Оценка степени разрушения по пятибалльной шкале

Балл разрушения	Характер отпечатка
0	Отпечаток без видимых трещин или сколов
1	Одна небольшая вертикальная или горизонтальная трещина
2	1-2 трещины
3	2-3 трещины, скол с одной стороны отпечатка
4	Больше 3 вертикальных трещин
5	Полное разрушение формы отпечатка

Рассчитанные по формуле

$$Z = 0n_0 + 1n_1 + 2n_2 + 3n_3 + 4n_4 + 5n_5 \quad (1)$$

значения дают возможность оценить хрупкость соединения. В этих работах также указывается, что рост фактора хрупкости, балла микрохрупкости, увеличивается с уменьшением среднеквадратичных колебаний $\sqrt{u^2}$ и произведения $m\theta^2$.



Следуя вышеуказанному, мы исследовали хрупкость додекаборидов YB_{12} , TbB_{12} , DyB_{12} , HoB_{12} , ErB_{12} , TmB_{12} , YbB_{12} , LuB_{12} , ZrB_{12} на образцах додекаборидов, полученных методами порошковой металлургии, по микротвердости, определяемой на приборе ПМТ-3, тщательно эталонированном на кристаллах NaCl с использованием шлифов образцов додекаборидов в широком интервале нагрузок на индентор прибора $(30 \div 200) \cdot 10^{-2}$ Н.

Как показали эксперименты, значения микротвердости для YB_{12} , TbB_{12} , DyB_{12} , HoB_{12} , ErB_{12} , TmB_{12} , LuB_{12} , ZrB_{12} составили 3200, 2600, 2400, 2700, 2800, 3000, 2900, 3000 кг/мм² соответственно.

Что очень важно, ни для одного из исследованных додекаборидов вплоть до нагрузки даже 0,2 Н сколов на отпечатках не наблюдалось. Исключение – додекаборид YbB_{12} , у которого уже при нагрузке 0,05 Н наблюдались сколы и микротвердость 2500 кг/мм² была установлена при нагрузке 0,030 Н.

Рассчитанные нами среднеквадратичные колебания комплексов в соединениях типа MeB_{12} оказались 0,048; 0,042; 0,047; 0,042; 0,043; 0,043; 0,043; 0,041; 0,043 Å для YB_{12} , TbB_{12} , DyB_{12} , HoB_{12} , ErB_{12} , TmB_{12} , YbB_{12} , LuB_{12} , ZrB_{12} соответственно, а характеристические температуры 1094, 834, 871, 886, 888, 1250, 1450 К и тогда произведения $m\theta^2$ составили (354; 423; 354; 195; 384; 372; 341; 150; 212) $\cdot 10^{-18}$ кг \cdot К².

Заключение и выводы. Из проведенных исследований и теоретических предположений, установленных по литературным источникам, следует сделать вывод, что для додекаборидов по сколам (для додекаборидов они отсутствуют при нагрузках $(30 \div 200) \cdot 10^{-2}$ Н) и произведению $m\theta^2$ нельзя однозначно оценить хрупкость додекаборидов. Можно сделать вывод: если нет сколов, то хрупкость додекаборидных фаз YB_{12} , TbB_{12} , DyB_{12} , HoB_{12} , ErB_{12} , TmB_{12} , LuB_{12} , ZrB_{12} низкая. У этих материалов наблюдается повышенная вязкость, пластичность и поэтому отсутствуют сколы.

По-видимому, хрупкость кубических додекаборидов металлов YB_{12} , TbB_{12} , DyB_{12} , HoB_{12} , ErB_{12} , TmB_{12} , LuB_{12} , ZrB_{12} хотя и высокая, но ниже, чем у других тугоплавких соединений – карбидов, нитридов или, например, боридов типа MeB_2 [5]. Это же подтверждают более высокие значения среднеквадратичных колебаний комплексов в MeB_{12} , что можно связать с «разрыхляющим» влиянием редкоземельных ионов в решетке додекаборидов.

Литература:

1. Меерсон Г.А. и др. Некоторые свойства боридов иттрия // Неорг. материалы. – 1966. - №4. - С.291 – 298.
2. G.E.Grechnev, A.E.Baranovskiy, T.V.Ignatova, I.G.Kolosoov and A.V.Logosha: N.Yu.Shitsevalova, V.B.Filippov, Olle Frikson. Electronic structure and bulk properties of MB_6 and MB_{12} borides// Fizika Nizkikh Temperatur, 2008. – v.34.– No11.– P.1167-1176.
3. Одинцов В.В., Корень Е.В. Трибометрические свойства кубических додекаборидов металлов со структурой UB_{12} , полученных методами порошковой металлургии // Научные труды SWorld. – Выпуск 51. Том 1. –



Иваново: Научный мир, 2018 – 104 с.– С.13-23.

4. Самсонов Г.В. Бор, его соединения и сплавы. – Киев, 1960.

5. Самсонов Г.В. Твердость и хрупкость металлоподобных соединений / Г.В. Самсонов, В.С. Нешпор, Л.М. Хренова // Физика металлов и металловедение, 1956. – т.VIII. – С.622 – 630.

Abstract. The paper studies the brittleness of dodecaborides YB_{12} , TbB_{12} , DyB_{12} , HoB_{12} , ErB_{12} , TmB_{12} , YbB_{12} , LuB_{12} , ZrB_{12} on samples obtained by powder metallurgy using the microhardness determined on the PMT-3 instrument. The results are explained by the crystalline structure of the materials studied.

Key words: fragility, strength properties, refractory compounds, dodecaborides.

References:

1. Meerson G.A. et al. Some Properties of Yttrium Borides. Inorg. materials. - 1966. - № 4. - P.291 - 298.

2. G.E.Grechnev, A.E.Baranovskiy, T.V.Ignatova, I.G.Kolosov and A.V.Logosha: N.Yu.Shitsevalova, V.B.Filippov, Olle Frikson. Electronic structure and bulk properties of MB_6 and MB_{12} borides // Fizika Nizkikh Temperatur, 2008. – v.34.– No11.– P.1167-1176.

3. Odintsov VV, Koren EV Tribometric properties of cubic dodecaborides of metals with UB_{12} structure obtained by powder metallurgy methods // Scientific works of SWORLD. - Issue 51. Volume 1. - Ivanovo: The scientific world, 2018 - 104 p. - P.13-23.

4. Samsonov G.V. Boron, its compounds and alloys. - Kiev, 1960.

5. Samsonov G.V. Hardness and brittleness of metal-like compounds / G.V. Samsonov, V.S. Neshpor, LM Khrenova // Physics of metals and metallurgy, 1956. - Vol. VIII. - P.622 - 630.

Статья отправлена: 09.06.2018 г.

© Корень Е.В.