

## КУБИЧЕСКИЕ ДОДЕКАБОРИДЫ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОМПОЗИТОВ В СУДОСТРОЕНИИ И СУДОРЕМОНТЕ

<sup>1</sup>Одинцов В.В., <sup>2</sup>Корень Е.В.

<sup>1</sup>Херсонский государственный университет (Украина)

<sup>2</sup>Херсонский государственный аграрный университет (Украина)

**Введение.** Важнейшая техническая проблема, возникающая в области судостроения и судоремонта, связана с экономией материала, уменьшением массы судовых машин и механизмов, а также с работоспособностью приборов и во многом зависит от выбора и использования конструкционных материалов, от материалов оборудования, оснащения.

Рациональный выбор судостроительных и ремонтных материалов – одна из основных в современном судостроении. Без знания материаловедения и технологии материалов решать ее невозможно. Особенно важно знать современные материалы и их свойства [1].

**Актуальность и задачи исследования.** В судостроении весьма распространено применение таких традиционных тугоплавких материалов как Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Ta, W и др. Получение этих металлов довольно трудоемкое действие, их получают из рудных концентратов при сложной трехступенчатой технологии [2], да и залежи этих металлов на земле иссякают [3]. В последнее время внимание исследователей и практиков обращается на тугоплавкие соединения – бориды, карбиды, силициды, нитриды и др., физико-технические характеристики которых весьма разнообразны: высокая температура плавления, повышенная твердость и износостойчивость, стойкость против действия кислот и их смесей, специфические механические характеристики. Эти соединения уже нашли применение в качестве конструкционных в машиностроении, атомной и химической промышленности, возможно их применение и в судостроении, судоремонте (корпуса судов, катеров, яхт, детали судовых двигателей, гребные винты, помпы, арматура, газотермические покрытия, коррозионные трубы, лопадки газовых турбин двигателей, зачистка и грунтовка металлического листа и многое другое).

Композиционные материалы или композиты обладают аддитивным комплексом физико-механических свойств, обусловленных сохранением индивидуальности каждого образующего композит-компонента. Варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, ориентацию наполнителя, получают широкий спектр материалов с требуемым набором свойств [4].

Преимущества композиционных материалов перед традиционно используемыми таковы:

- высокая удельная прочность в широком интервале температур;
- уникальная коррозионная и химическая стойкость;
- долговечность и надежность;
- отсутствие затрат на обслуживание (краситель интегрирован в состав композита);
- повышенная стойкость к переменным нагрузкам;
- повышенная демпфирующая способность;
- высокие диэлектрические характеристики.

**Результаты исследований.** На наш взгляд, в плане создания композиционных материалов, заслуживают внимания высшие бориды редкоземельных металлов, и в том числе додекабориды  $YB_{12}$ ,  $TbB_{12}$ ,  $DyB_{12}$ ,  $HoB_{12}$ ,  $ErB_{12}$ ,  $TmB_{12}$ ,  $YbB_{12}$ ,  $LuB_{12}$ ,  $ZrB_{12}$ . Все они изоморфные и имеют кубическую структуру типа NaCl: на местах Na ионы редкоземельных металлов иттриевой подгруппы, а вместо Cl – группы  $B_{12}$ , свойственные чистому бору (рис. 1).

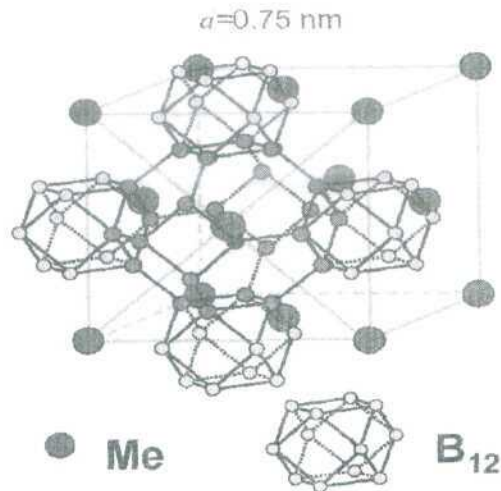


Рисунок 1. Кристаллическая структура додекаборида редкоземельного металла.

Додекабориды характеризуются металлическими свойствами, высокими температурами плавления 2400...3000К, высокой электро- и теплопроводностью ( $\rho=(12...20)\cdot 10^{-8}\text{Ом}\cdot\text{м}$ ,  $\lambda=(20...40)\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ), проявляют парамагнитные свойства, весьма стойки к действию кислот и их смесей, окисляются после 800 К. Механические свойства додекаборидов исследованы недостаточно. Твердость додекаборидов  $H_{100}=(2400...3200)\text{кг}/\text{мм}^2$ . Нами установлено, что модуль упругости (модуль Юнга) додекаборидов сравним с таковым для стали (190...210)ГПа, коэффициент Пуассона в пределах 0,35 [5, 6]. Додекабориды проявляют повышенную устойчивость против действия кислот и их смесей и лишь активно взаимодействуют с кипящими кислотами; додекабориды устойчивы к окислению кислородом воздуха и начинают окисляться при температурах 823...875 К; додекабориды имеют, как и чистый бор, большие способности поглощать тепловые нейтроны.

Основные характеристики этих соединений представлены в табл. 1.

Таблица 1. Основные характеристики додекаборидов редкоземельных металлов

Борид	YB <sub>12</sub>	TbB <sub>12</sub>	DyB <sub>12</sub>	HoB <sub>12</sub>	ErB <sub>12</sub>	TmB <sub>12</sub>	YbB <sub>12</sub>	LuB <sub>12</sub>	ZrB <sub>12</sub>	B
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	3,444	4,540	4,611	4,655	4,706	4,756	4,820	4,868	3,611	2,340
Коэффициент термич. расширения, $\alpha_{cp}\times 10^6\text{K}^{-1}$	3,2	3,6	4,6	3,6	3,7	3,8	3,7	3,4	3,5	8,3
Характерист. температура $\Theta$ , К	1094	834	834	871	886	888	886	878	876	1200
Температура плавления, К	2950	2400	2550	2750	2600	2750	-	2650	2750	2400
Удельное электро-сопротивление $\rho\times 10^8\text{Ом}\cdot\text{м}$	17,0	12,0	14,4	14,7	16,1	17,0	19,5	13,6	22,0	Полупроводник
Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·К)	40	-	29	32	38	40	32	-	21	30
Микротвердость $H_{100}$ , кг/мм <sup>2</sup>	3200	2600	2400	2700	2800	3000	-	2900	3000	3400
Модуль Юнга, ГПа	250	180	190	220	200	210	200	180	190	390
Модуль сдвига, ГПа	180	141	151	166	143	157	154	141	156	320
Коэффициент Пуассона	0,31	0,36	0,37	0,34	0,30	0,33	0,35	0,36	0,39	0,39

**Выводы.** Можно предполагать, что физико-механические, химические и нейтронно-поглощающие свойства додекаборидов редкоземельных металлов при высокой их теплопроводности могут стать хорошими составляющими композиционных материалов на основе как алюминия, так и различных смол и полимеров, которые найдут достойное применение в судостроении и судоремонте.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мутилина И.Н. Судостроительные материалы. – Владивосток; ДВГТУ, 2005. – 16 с.
2. Химия и технология редких и рассеянных элементов / Под ред. К.А.Большакова. – М.: Высшая школа, 1976. – 319 с.
3. Кудрин В.С., Чистов Л.Е. Состояние материально-сырьевой базы редкоземельных металлов, перспективы ее развития и освоения // Мин. ресурсы России, 1996, №15. – С. 6-12.
4. Новые материалы / В.Н.Анциферов, Ф.Ф.Бездудный, Л.Н.Белянников и др. // под редакцией Ю.С.Карабасова. – М.: МНСИС, 2002.
5. Одинцов В.В. Додекабориди рідкісноземельних металів. – Київ. – Херсон, 1992. – 56 с.
6. Одинцов В.В., Корень Е.В. Изучение прочностных характеристик тугоплавких додекаборидов редкоземельных металлов со структурой типа  $UB_{12}$  // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании. - Одесса, 2013. - С. 55-61.