

УДК 621.74:669.131.622

**В. Т. \*Калинин, А. А. \*\*Кондрат, И. О. \*Мусиенко**

\*Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепр

\*\*ПАО «Днепропетровский агрегатный завод, г. Днепр

**ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕНТРОВ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В ЧУГУНЕ С УЧАСТИЕМ  
ФУЛЛЕРЕНОВ И НАНОЧАСТИЦ TiCN**

Установлено [1-2], что структурным элементом формирующим строение Fe-C расплавов, также является фуллерен. Фуллерены относятся к фрактальным кластерам с размером 2...10 нм, на основе которых формируются углеродные наночастицы – фуллериты. Фуллерены попадают в расплав из шихты, а так же самостоятельно образуются в расплаве, участвуя в структурировании Fe-C расплава при охлаждении как центры кристаллизации [1]. Важным условием формирования центров кристаллизации является наличие размерного и структурного сходства параметров их кристаллической решетки с параметрами решетки кристаллизующей фазы (аустенита) при кристаллизации доэвтектического чугуна. Аустенит имеет кубическую решетку, а молекулы фуллерена – гексагональную, поэтому сами фуллерены не могут быть центрами кристаллизации.

Однако известно, что фуллерены в Fe-C растворах склонны к образованию агрегатов, средний размер которых зависит от температуры. Поэтому в расплаве из молекул фуллерена  $C_{60}$ , могут образовываться углеродистые наночастицы – фуллериты, представляющие собой центры кристаллизации, в узлах решётки которого находятся молекулы фуллерена. Число молекул фуллерена  $C_{60}$  в фуллерите формируются не произвольно, а подчиняется определенной закономерности [3]. Наиболее выгодными типами упаковок молекул  $C_{60}$  являются плотнейшие шаровые упаковки, представляющие собой гранецентрированную кубическую решетку (рис.). С наложением фуллеренов фуллериты растут и когда они достигают критического размера, то являются активными центрами кристаллизации, на которые абсорбируются атомы железа. Чем большее переохлаждение, тем быстрее и активнее протекают процессы в расплаве.

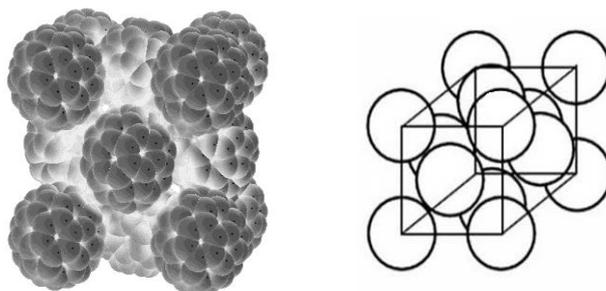


Рисунок. Вид кубической решетки из фуллерита

При модифицировании расплава нанодисперсным TiCN помимо фуллеритов активными центрами кристаллизации являются также и частицы TiCN, значительно измельчающие структуру чугуна [4]. Частицы TiCN имеют кубическую решетку, поэтому при вводе его как модификатора-инокулятора, увеличивается количество центров кристаллизации.

Таким образом, центрами кристаллизации помимо наночастиц TiCN могут являться и фуллериты. Окончательное формирование зародышей происходит при образовании вокруг наночастиц TiCN и фуллеритов оболочки из кристаллизующейся фазы. Закристаллизовавшаяся структура имеет более мелкое зерно (в 1,5 – 3,0 раза), а также большую твердость и прочность (на 20 – 45%). Это подтверждается при литье прокатных валков, изложниц и мелющих шаров из чугунов, обработанных комплексными дисперсными и нанодисперсными брикетированными модификаторами.

### Список литературы

1. Закирничная М.М. Образование фуллеренов в углеродистых сталях и чугунах при кристаллизации и термических воздействиях : автореф. дис. ...канд. тех. наук : 5.02.01. / М.М. Закирничная; УГНТУ.– Уфа, 2001. – 78 с.
2. Давыдов С.В. Фуллереновая природа жидкого чугуна – основа технологии наномодифицирования / С.В. Давыдов. Общие вопросы. Черные и цветные сплавы : Новосибирск, - 2005. – С. 101-108.
3. Елецкий А. В. Фуллерены и структуры углерода / А. В. Елецкий, Б. М. Смирнов // УФН. - 1995. - Т. 165. - № 9. - С. 977-1009.
4. Калинин В.Т. Роль тугоплавких наночастиц в модифицирующих процессах при кристаллизации чугуновых отливок / В.Т. Калинин, А.А. Кондрат // Металлознание и термическая обработка металлов. - 2009. - № 1(44). – С. 14–20.