

УДК 536.46

ГРАДИЕНТНЫЙ МАТЕРИАЛ, ПОЛУЧАЕМЫЙ МЕТОДОМ СВС-ЛИТЬЯ

Клубович В. В., Кулак М. М., Платонов Л. Л., Румянцева И. Н.

Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск, Беларусь
mmk_vit@mail.ru

Возрастающим комплексным интенсивным нагрузкам на поверхности узлов и механизмов современного машиностроения наиболее полно могут противостоять только новые материалы с уникальными физико-механическими, электрофизическими, физико-химическими или многофункциональными свойствами.

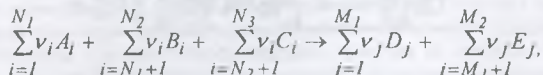
Перспективным направлением, позволяющим достаточно просто синтезировать новые материалы, является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС), суть которого заключается в проведении процесса синтеза в режиме горения за счет экзотермического взаимодействия компонентов без применения значительного внешнего нагрева.

СВС как метод получения материалов был предложен в то время, когда одним из главных требований к материалам была их однородность. И на начальном этапе исследований СВС-процессов обеспечению однородности продукта придавалось большое значение.

Однако в последнее время возникли более интересные задачи, с прямо противоположной целью - не бороться с неоднородностью, а наоборот, использовать ее, получая неоднородные продукты с заданной структурой неоднородности. Как оказалось, у таких материалов физические характеристики и эксплуатационные свойства могут быть лучше, чем у однородных такого же среднего состава. В общем, неоднородность материалов - проблема большая, многогранная, слабо изученная и малоразработанная. Исследовательские потребности этой области СВС и материаловедения велики. Все это определяет актуальность работы как в плане научном, так и в практическом. Наиболее простым и перспективным способом получения материалов методом СВС с восстановительной стадией и градиентным распределением упрочняющих частиц является применение массовых сил.

СВС литых тугоплавких материалов - сложный и многостадийный процесс. В нем можно выделить три основные стадии: горение, фазоразделение и охлаждение продуктов горения.

Химическую схему превращения исходных порошков в СВС-металлургии можно представить в виде:



где A_i - WO_3 , MoO_3 , Cr_2O_3 , CrO_3 , V_2O_5 , NiO , Fe_2O_3 и т.д.; B_i - Al , Mg , Ti , Zr , и т.д.; C_i - B , Si , B_2O_3 , SiO_2 , N_2 , O_2 и т.д.; D_j - WC , Mo_2C , Cr_3C_2 , VB_2 , $MoSi_2$, V_3N , Ni_3Al и т.д.; E_j - Al_2O_3 , MgO , ZrO_2 , TiO_2 и т.д.; ν_i и ν_j - стехиометрические коэффициенты.

В отличие от металлургии СВС-металлургия сочетает в себе восстановительную (термитную) и элементную (СВС) химические стадии. Для широкого интервала соотношений реагентов и их дисперсности химическое превращение может протекать в режиме горения со скоростью от 10^3 до 10^1 м/с. На скорость горения заметное влияние оказывают размер частиц алюминия и углерода, плотность исходной смеси, воздейст-

вие центробежной силы и давления газа, начальный подогрев смеси и т. д. При стехиометрическом соотношении реагентов максимальная температура горения многих составов составляет 3000—6000 °С, что превышает температуру плавления продуктов химического превращения, поэтому после кристаллизации они получаются в литом виде. В качестве исходных материалов использовали смесь порошков состава: Fe_2O_3 , Cr_2O_3 , TiO_2 , NiO , Al , C [1, 2].

При проведении металлографических исследований установлено, что микроструктура литого материала имеет явную предпочтительную ориентацию в радиальном направлении, а дендритные зерна, находящиеся между ветвями, в перпендикулярном направлении к основной оси (рис. 1, б).

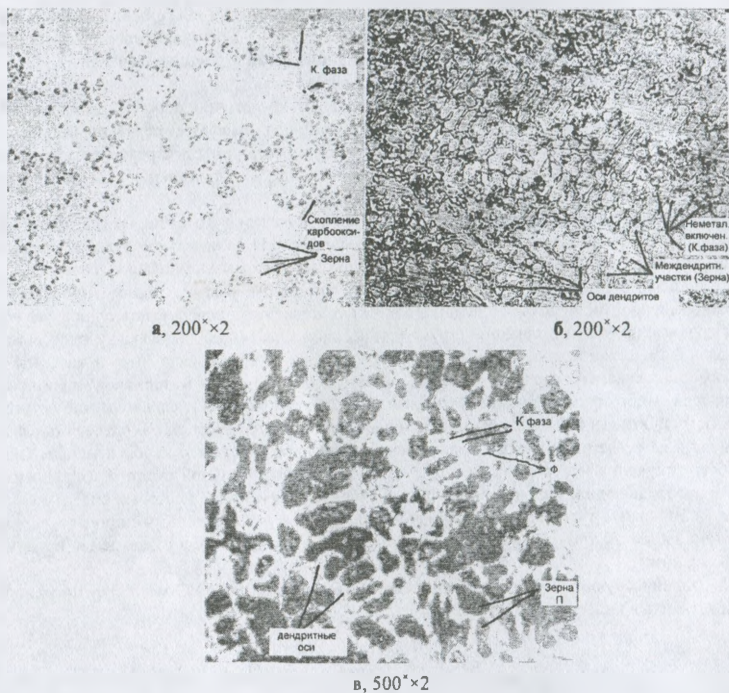


Рис. 1. Структура материала с центробежным литьем: а) – до травления, б, в – после травления.

Структура поперечного сечения отливки с центробежным литьем представляет собой светлые участки металлической основы размером порядка 120 мкм, окруженные цепочками, скоплениями и отдельными включениями (рис. 1, а). В плоскости шлифа наблюдаются глобулы оксидов. Участки металлической основы имеют слабо выраженную зеренную структуру размером зерна 15±20 мкм. Травлением выявляется зеренная структура металла основы, расположенная в междендритных участках. Дендритные оси

ориентированы по радиусу образца. Карбидная фаза формируется в участках, отвечающих дендритным осям (рис. 1,б).

При длительном травлении зерна основы становятся темными. Карбидная фаза светлая (прямоугольной, сферической и неправильной форм), сконцентрирована по осям дендритов (светлые участки). Отмечается формирование различной по форме карбидной фазы, которая окружает в виде оторочки темные зерна основы (рис. 1,б).

В верхней части отливок имеет место образование отдельных участков структуры эвтектик (рис. 2). Количественная доля структуры эвтектик составляет 1/30 часть от общей структуры. Величина участков эвтектик, их морфология и дисперсность обусловлены характером диффузионных процессов, протекающих при обработке, что зависит от процентного соотношения исходных компонентов. Расположение эвтектик в верхней части отливок является следствием их кристаллизации в последнюю очередь, как самых легкоплавких.

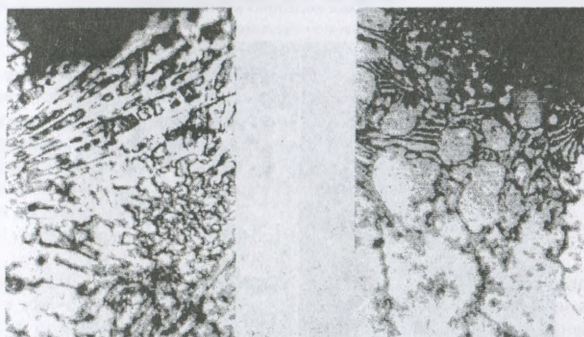


Рис. 2. Структура эвтектик в верхней части отливок 550°

При затвердевании в отливках образуются крупные зерна, ориентированные в направлении теплоотвода. Каждое зерно включает в себя семейство дендритов с одинаковой ориентацией (рис. 3). Междендритные пространства заполнены скоплениями карбидов. Совпадение первичной дендритной структуры с границами γ -зерен свидетельствует о протекании затвердевания в γ -области. Границы зерен третичной структуры очерчены белой каймой феррита (рис. 4). Размер зерен составляет 25+50 мкм. Минимальное значение величины зерна отвечает отливке с равным процентным содержанием легирующих элементов. Границы зерен третичной структуры не связаны с дендритной, первичной, структурой и вторичной - аустенитной. Сохранение в отливках трех видов структур свидетельствует о значительной ликвации расплава.

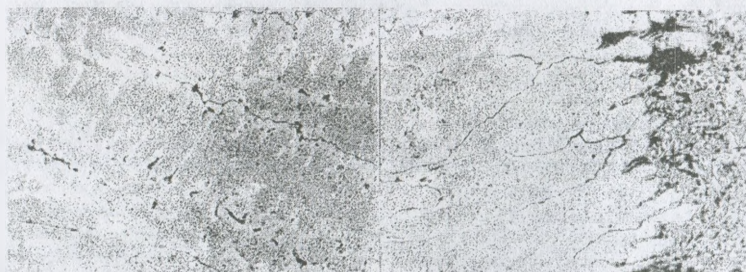


Рис. 3. Ориентированные в направлении тепловода крупные зерна-кристаллиты с дендритной структурой. 200*

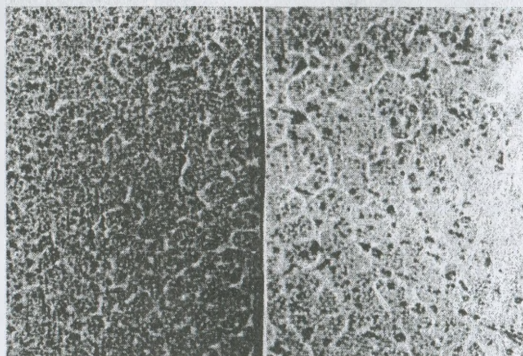


Рис. 4. Равноосное внутрикристаллитное зерно. 260*

В образцах обнаружены три характерных зоны (рис. 5). Первая (I) зона, низ образца - зона повышенной плотности включений. Ее величина изменяется до 1000 мкм в зависимости от элементного и процентного состава материала.

НИЗ образца

Зона			
III	Участки зерен металлической основы + крупные карбиды + эвтектика дендриты из включений на фоне металлической основы	75 мкм	312 мкм
II	зона - поля металлической основы, окруженные скоплениями включений Дендриты из включений на фоне металлической основы		
I	зона повышенной плотности включений		

ВЕРХ образца

Рис. 5. Схема формирования структуры материалов при центробежном литье.

Далее следует зона (II) светлых участков металлической составляющей, окруженной четко очерченными включениями различных форм и размеров. Между зоной I и II имеют место участки светлого металлического поля с включениями, вытянутыми в виде дендритов различных размеров. Для всех образцов структура верхней кромки формируется с образованием эвтектики. В данных участках присутствуют крупные карбидные включения. Участки эвтектики - зона III - имеют размер $70 \div 300$ мкм.

Значение микротвердости по зерну металлической основы образцов составило 390 кг/мм^2 , что соответствует микротвердости дисперсного перлита.

На основании проведенных исследований можно утверждать, что:

1. Разработан состав исходной шихты для получения заготовок с необходимыми по износостойкости и твердости свойствам.
2. Из полученных заготовок были изготовлены калибры с наружными диаметрами от 8 до 15 мм.
3. Твердость всех синтезированных образцов находится в интервале 63-68 HRC₃.
4. Формирование структуры обусловлено условиями литья и распределением элементов согласно их удельному весу; характером тепловода при охлаждении;
 - микроструктура основы металла - перлит (легированный, дисперсный);
 - карбидная фаза различного состава и морфологии;
 - имеются оксидные включения;
 - количество оксидов и карбидов, их распределение в объеме образца связано с процентным составом материалов;
 - приоритетное распределение карбидов по направлению воздействия центробежной нагрузки;
 - при увеличении нагрузки наблюдается измельчение зерна.

Синтезированный материал, обладает уникальными свойствами, которые выражаются в том, что в относительно мягкой основе распределены, в зависимости от процессов структурообразования дисперсные частицы карбидов. Распределение карбидов происходит по высоте образцов в соответствии с удельными весами последних.

Список литературы

1. Клубович В.В., Кулак М.М., Дубровский А.А., Лапцевич А.А., Самолетов В.Г. Износостойкий материал на основе карбида титана, получаемый методом СВС с восстановительной стадией. // Материалы 4-й республиканской н.-техн. конф. "Материалы, технологии" (МАТЕХ-2000), Гомель, 2000 г., С 180-181.
2. Клубович В.В., Кулак М.М., Румянцев И.Н., Самолетов В.Г. Дисперсно-упрочненный материал, получаемый методом СВС-литья. Прогрессивные технологии обработки материалов давлением. В 2-х частях. // Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика В.П. Северенко. Минск, УП "Технопринт", 2004. Ч. 1, С. 196-200.