

**А. Г. Малявин**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

**О ЛЕГИРОВАНИИ ФТОРФЛОГОПИТОВОГО КАМНЕЛИТОГО МАТЕРИАЛА  
ДИОКСИДОМ ЦИРКОНИЯ**

Применяемые в основных агрегатах титано-магниевого производства – хлораторах и электролизерах в качестве футеровочных материалов или конструктивных узлов фторфлогопитовые фасонные изделия в ряде случаев имеют недостаточный ресурс работы. Поэтому разработка методов получения и материалов, способных повысить эксплуатационную надежность и увеличение ресурса работы этих агрегатов является актуальной и экономически целесообразной задачей. В этой связи перспективными могут быть фторфлогопитовые материалы, легированные такими тугоплавкими компонентами как карбиды и оксиды. Среди этих соединений весьма перспективным является диоксид циркония, который по сравнению с другими оксидами обладает термодинамической стабильностью до 1727°C, высокими огнеупорностью (2730°C) и коррозионной стойкостью. Это позволяет прогнозировать получение материалов в системе фторфлогопит-бадделейт отличающихся более высокими физико-механическими характеристиками.

Изучение влияния легирования диоксида циркония на структуру и свойства плавленолитых материалов проводили по апробированной методике [1] на составах, содержащих 0,3-30 мас.%  $ZrO_2$ . В качестве шихтовых компонентов использовали сырье, применяемое обычно для получения фторфлогопитовых изделий: кварцевый песок, глинозем, периклазовый порошок и калий кремнефтористый. Диоксид циркония вводили посредством природного минерала циркона ( $ZrSiO_4$ ), который отличается относительно невысокой температурой диссоциации ( $1676 \pm 10^\circ C$ ):  $ZrSiO_4 \rightarrow ZrO_2 + SiO_2$ . Наличие щелочных оксидов и фторидов в составе фторфлогопитовой шихты при ее плавлении способствует диссоциации циркона при более низкой температуре с образованием кремнезема, который по расчету должен войти в состав фторфлогопита. Поэтому при расчете шихт учитывали поправку на количество кремнезема, вводимое цирконом, уменьшая соответственно количество кварцевого песка в составе шихты. Масса шихты, проплавляемой на каждой

плавке в электродуговой печи, составляла 25-30 кг. Полученный расплав по окончании плавки выпускали в разливочный ковш и заливали в литейные формы.

Особенности строения и физико-механические свойства плавнели-  
тых материалов изучали на шлифах, темплетях и образцах, вырезанных  
помощью алмазных пил из опытных отливок.

Анализ результатов проведенных плавок показал возможность получе-  
ния легированных материалов при введении диоксида циркония до 30%.  
При этом с увеличением его количества в материале возрастает вязкость  
фторфлогопитового расплава, а также длительность плавки.

Макроструктура изученных материалов при введении  $ZrO_2$  в небольших  
количествах (до 3,5 мас.%) полнокристаллическая, сравнительно равномер-  
ная и практически аналогична обычному фторфлогопитовому материалу.  
Полученные материалы отличаются более светло-серым до молочного цве-  
том и сложены в основном мелкопластинчатыми кристаллами фторфлогопи-  
та первой генерации размером 0,7-1,5 мм, в промежутках между которыми  
располагаются более мелкие образования фторфлогопита, бадделеита-  
 $ZrO_2$ , селлаита- $MgF_2$  и стеклофазы. Размер кристаллов бадделеита ~0,14  
мм. Количество стеклофазы до 4 об.%. По мере увеличения вводимого  $ZrO_2$   
от 5 до 30% структура материалов становится более однородной и мелко-  
кристаллической. Размер

кристаллов фторфлогопита существенно уменьшается и составляет  
0,5-0,05 мм. Фазовый состав также изменяется: количество фторфлогопита  
уменьшается с 90 до 40 об.%, бадделеита увеличивается согласно расчета.  
Вместе с тем появляется циркон в виде отдельных зерен при введении  $ZrO_2$   
до 5 мас.%, а при увеличении до 20-30 мас.% количество циркона возрастает  
до 10-15 об.%.  
кристаллов фторфлогопита существенно уменьшается и составляет

Анализ результатов изучения строения и фазового состава полученных  
материалов позволяет прийти к следующему заключению. Образование  
значительного количества основного минерала-фторфлогопита говорит о  
том, что синтез его из рассчитанных шихт проходит успешно и в полном  
объеме. Однако, наличие в материалах остаточного циркона при введении  
его более 10 мас.%, свидетельствует об изменении в процессе плавки кине-  
тики диссоциации, одним из факторов которой является резкое повышение

вязкости расплава. Повидимому для полного усвоения циркона необходимо увеличить температуру или продолжительность плавки.

Физико-механические характеристики полученных материалов следующие: предел прочности при сжатии- 70-90 МПа, предел прочности при изгибе- 22-25 Мпа, термостойкость при 700°С не менее 200 теплосмен, при 900°С – 50-100 теплосмен. Микротвердость составляет 350-390 кг/мм<sup>2</sup>, в то время как обычного фторфлогопитового-250-270 кг/мм<sup>2</sup>.

Таким образом, высокие прочностные характеристики и микротвердость позволяют считать, что полученные материалы будут существенно сопротивляться локальным нагрузкам и обладают высокой конструкционной прочностью.

Металлопроводы, изготовленные из этих материалов и испытанные в промышленных условиях при литье под низким давлением алюминиевых сплавов показали высокую эксплуатационную стойкость:ресурс их работы в режиме 3-сменной работы составил 4-6 недель.

#### **Список литературы**

1. *Малявин А. Г.* Исследование и разработка технологии получения фасонного фторфлогопитового каменного литья. – Канд. дисс. ИПЛ АН УССР, Киев, 1983.

УДК 621.746: 669.18

**В. А. Мамишев**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

#### **СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ РЕОТЕРМИЧЕСКИХ СХЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ГЕТЕРОЛИТЬЯ**

Применение системного анализа [1] к изучению многофакторных процессов литья позволило выявить эффективные литейно-металлургические принципы [2,3] повышения качества литой структуры стальных слитков, отливок, центробежно- и непрерывнолитых заготовок разной массы, геометрии и габаритных размеров. К ним относятся принципы суспензионной разливки, оса-