

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-

дочной кристаллизации, направленного затвердевания и рафинирующей подпитки, которые отражают разные стороны реотермических схем управления технологическим процессом гетеролитья [2].

В схемах суспензионной разливки реализуется возможность получения суспензии расплав-кристаллы в полости формы при снижении температуры расплава твердыми добавками до температур ниже температуры ликвидуса сплава. Так как начальный перегрев расплава снят, то в интервале температур ликвидус-солидус происходит неизотермический процесс кристаллизации сплава, а гетерогенный расплав находится в текучем жидко-твердом состоянии.

В схемах осадочной кристаллизации реализуется возможность расслоения суспензии расплав-кристаллы в поле гравитационных или центробежных сил. Так как плотность кристаллов (твердая фаза) больше плотности расплава (жидкая фаза), то в неизотермической двухфазной зоне происходит седиментация (осаждение) твердых частиц. При этом кристаллы и обломки дендритов опускаются на фронт затвердевания литой заготовки.

В схемах направленного затвердевания реализуется возможность локального утолщения затвердевающего слоя литого изделия в направлении температурного градиента от поверхности заготовки к ее тепловому центру противоположно технологически заданному направлению теплового потока. Опускание кристаллов в неизотермическом расплаве и их накопление на фронте кристаллизации ускоряет процесс затвердевания литых заготовок.

В схемах рафинирующей подпитки фронта затвердевания слитка или массивной отливки реализуется возможность удаления из объема прибыли загрязненного ликватами расплава с легкоплавкими примесями (сера, фосфор). Так как в расплаве ликвидирующихся вредных примесей больше чем в кристаллах, то для капиллярной пропитки дендритного каркаса двухфазной зоны расплавом без ликватов нужна доливка рафинирующей прибыли более чистым металлом.

Чтобы улучшить качество литой структуры слитков и отливок, следует совместить принципиально разные схемы суспензионной разливки в режиме осадочной кристаллизации и направленного затвердевания в режиме рафинирующей подпитки в один высокотехнологичный процесс гетеролитья. Это позволяет получить первичную структуру затвердевающих слитков и отливок с минимальным развитием физической, химической и структурной неоднородности литого металла и минимальным количеством внутренних дефектов литых изделий типа кристаллизационных трещин.

Следует также уменьшать количество поверхностных дефектов литья (микро- и макротрещины), которые возникают в температурно-неоднородных наружных слоях отливок и слитков. Это достигается [3] при теплофизическом воздействии на процесс формирования литых изделий высокотеплопроводных коллекторов-теплоотборников каркасного типа, которые размещены в стенках низкотеплопроводных литейных форм. Коллекторы-теплоотборники формируют в наружных слоях отливок и слитков термически упрочненные структурно-армированные литые оболочки с внутренними ребрами жесткости и высоким уровнем физико-механических и эксплуатационных свойств литых заготовок. .

Системный анализ реотермических процессов литья с перемешиванием гетерогенного расплава облегчает поиск эффективных схем управления качеством отливок и слитков с применением литейно-металлургических и конструктивно-технологических схем улучшения кристаллического строения внутренних и поверхностных слоев литых изделий разной массы и геометрии.

#### **Список литературы**

1. *Самойлович Ю. А.* Системный анализ кристаллизации слитка. - К.: Наук. думка, 1983. - 246 с.
2. *Мамишев В. А.* Реотермическая концепция управления кристаллическим строением литых изделий // Процессы литья. – 2004. – №3. – С. 43 – 48.
3. *Мамишев В. А.* О повышении эффективности теплообмена в системе “литая заготовка – форма – окружающая среда” // Металл и литье Украины. – 2012. – № 11. – С. 31–35.

УДК 621.746: 669.18

**В. А. Мамишев, О. И. Шинский, Л. А. Соколовская**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

#### **РОЛЬ ВНЕШНЕГО ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ ОТЛИВОК В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ПЕСЧАНЫХ ФОРМАХ**

При литье в постоянные металлические формы (кокили) интенсивный теплоотвод от отливки в кокиль позволяет получить мелкокристаллическую структуру отливок с высоким уровнем физико-механических свойств литого металла.