

варительным и основным событиями в качестве запаздывания по состоянию объекта управления.

Функции, входящие в это соотношение весьма сложны и, как правило, представляют собой дифференциальные уравнения в частных производных второй степени. Поэтому в компьютерных экспериментах использовали численные методы решения задач в среде MathCAD. Анализ соотношения показал, что наличие компонент запаздывания может существенно повлиять на ход фазовой траектории, приближая или отдаляя возможность синхронизации событий в системе. Важно также, что эти компоненты входят в соотношение с разными знаками, что может привести к их взаимной компенсации.

Литература

Баландин Г. Ф. Основы теории формирования отливки. Часть 1. – М.: Машиностроение, 1976. – 328 с.

Найдек В.Л. Синхронизирующее управление процессами тепломассопереноса в системе отливка – форма / В.Л. Найдек, Т.В. Лысенко, А.Л. Становский // Литейное производство. – 2007. – № 7. – С. 23 – 26.

УДК 621.746.04:666.85/86

А. Г. Малявин

*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,
Киев*

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА КАМНЕЛИТЫХ ФТОРФЛОГОПИТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Исследование влияния химического состава на строение и прочностные свойства камнелитых фторфлогопитовых изделий проводили, используя способность изоморфного замещения ионов кремния и алюминия, а также изменение содержания анионов фтора в калиевом фторфлогопите. Были получены две группы материалов: с изменяющимся алюмосиликатным модулем ($M=2,3,4$) и с различным содержанием фтора (стехиометрическим и избыточным в 1,5 и 2 раза).

Установлено, что отливки полученных материалов имеют существенные различия в макростроении, характеризуемые зональностью, подобно зональности строения металлических отливок. Характерным для них является наличие трех структурных зон: корковой (поверхностной), переходной (транскристаллитной) и центральной (рис. 1). Протяженность зон и размер кристаллов фторфлогопита,

слагающих зоны, у разных материалов различны. Так, у материалов с различным M имеется тенденция к большему проявлению зональности и укрупнению структуры с уменьшением M , а с различным содержанием фтора (при одинаковом M) большей зональности и увеличению размера кристаллов фторфлогопита - повышению количества фтора. Увеличение величины кристаллов и зональности объясняется тем, что при одинаковых условиях затвердевания отливок основными факторами, стимулирующими рост кристаллов является массоперенос и теплопередача. Массоперенос определяется вязкостью силикатного расплава, которая незначительна (при температуре 1450-1360°C составляет 0,4-0,85 Па•с), а при уменьшении содержания кремния или увеличении содержания фтора она уменьшается, что способствует возрастанию массопереноса и линейной скорости роста кристаллов, а в итоге к увеличению протяженности переходной зоны и величины кристаллов фторфлогопита.

Петрографическое изучение материала отливок показало, что основной минеральной фазой их являются пластинчатые кристаллы фторфлогопита, количество которых в материалах близких по составу к стехиометрии составляет $\sim 90\pm 5\%$, а при значительных отклонениях - 80% и менее. Кроме фторфлогопита в них имеются стеклофаза и примесные минералы (селлаит, энстатит, форстерит и др.), которые расположены в промежутках образованных кристаллами основной фазы. Характерной структурной составляющей является межкристаллитная пористость, имеющая замкнутый характер, количество которой 4,5-15%.

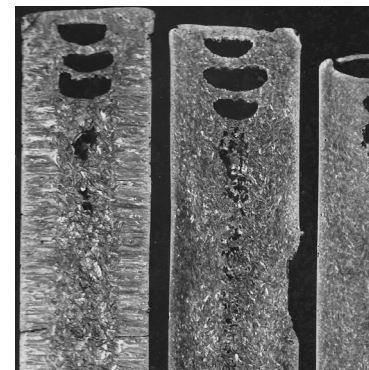


Рис. 1 Макроструктура камнелитых отливок а) $M=2$; б) $M=3$; в) $M=4$.

Особенности в строении и фазовом составе материала отливок отражаются на прочностных свойствах, которые изучали в интервале температур 600-1000°C. Установлено, что общими закономерностями являются различия в прочности, связанной с зональностью, а также зависимость прочности от химического состава и величины кристаллов фторфлогопита. Минимальную прочность имеет материал центральных зон, а максимальную - материал с литейной поверхностью. У материала с одной корковой поверхностью прочность повышается на 15-25%, а двух – на 35-60% по сравнению с материалом центральной зоны.

Установлено, что прочность зависит от химического состава: она повышается при увеличении М и уменьшается при значительных отклонениях содержания фтора от стехиометрии, что связано с различным содержанием в материале фторфлогопита и величиной его кристаллов.

С повышением температуры до 600°C прочность мелко кристаллического материала (М=4) практически не изменяется, а при дальнейшем повышении – приводит к ее увеличению на 25-30% по сравнению с нормальной. В то же время прочность крупно кристаллических материалов при нагреве до 600°C уменьшается на 30-50%, а при 800°C возрастает на 6-30% по сравнению с нормальной.

Подобное явление – увеличение прочности при повышении температуры – наблюдают у графита, имеющего, также пластинчатое строение [1].

Прочностные свойства камнелитого фторфлогопитового материала при повышенных температурах позволяет использовать его в эксплуатации не только как футеровочный, но и как конструкционный материал в виде различных фасонных изделий.

Обладая уникальным комплексом физико-химических и технологических свойств камнелитые фторфлогопитовые изделия применяют в хлораторах и электролизерах титано-магниевого производства, при разливе алюминия, цинка, меди и их сплавов.

Список литературы

1. Carpenter Z. G. «Brit. J. of Applied Physios», 1964, Т.15, S 871–882

669.18:621.746

В. А. Мамишев

*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,
Киев*

ВЛИЯНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ КРИВИЗНЫ ПРОФИЛЯ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ КОРКОВОЙ ЗОНЫ

На поверхностях охлаждения слитков и отливок имеются участки с плоским, выпуклым и вогнутым профилем твердой корочки плотного металла. Кривизна плоских участков корочки $k_F = 0$, кривизна выпуклых участков положительна $k_F > 0$, а кривизна вогнутых участков отрицательна $k_F < 0$. Знак кривизны (плюс или минус) выпуклых и вогнутых участков твердой корочки слитков и отливок влияет на интенсивность внешнего теплоотвода от литой заготовки к стенкам литейной оснастки в зоне их термического контакта.

Температура, градиенты температуры и плотность теплового потока на поверхностях охлаждения затвердевающих заготовок (слитков и отливок) и поверхностях нагрева стенок изложниц и форм распределены неравномерно, а толщина корочки литого металла на разных участках их профиля неодинакова.

По периметру поперечного сечения кузнечных и прокатных слитков и фасонных отливок сложной геометрии толщина корочки разная. На ребрах кузнечного слитка корочка толще, а во впадинах – тоньше. В угловых зонах прокатного слитка, геометрия которого близка к прямоугольной, корочка толще, чем посередине широкой и узкой граней слитка. В области внешних углов фасонных отливок толщина корочки больше, чем в области внутренних углов.

Температура поверхностей охлаждения слитка или отливки наиболее сильно изменяется в начале затвердевания, когда формируется сплошная корочка литого металла. Именно в этот период разница между температурой выпуклых и вогнутых участков профиля литой заготовки максимальна.

При затвердевании литых заготовок разной конфигурации температура их поверхностных слоев неодинакова по периметру криволинейных участков профиля поперечного сечения слитков и фасонных отливок. Только в простых случаях плоской, цилиндрической и сферической симметрии температурного поля литые заготовки (плита, цилиндр, шар) с постоянной кривизной профиля имеют одинаковую температуру по периметру их поперечного сечения.

Кривизна профиля литых заготовок по-разному влияет на температурные поля выпуклых и вогнутых участков твердой корочки затвердевающих слитков и отливок, как это следует из дифференциального уравнения нестационарного теплопереноса в виде [1 - 3]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a_3 \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} - k_F G_T \right) \quad 0 < r < R_0$$