

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]:

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

где r , t , T - расстояние, время и температура; k_f - локальная кривизна изотерм; a_3 - эффективный коэффициент температуропроводности слитка или

отливки; $G_f = \left| \frac{\partial T}{\partial r} \right|$ - градиенты температуры в любой точке затвердевающей заготовки.

В уравнении (1) выражение в скобках – это дивергенция температурного поля. В случае охлаждения первый член в скобках отрицателен, а второй зависит от знака кривизны k_f фронта затвердевания. Он положителен для выпуклых участков изотермы солидус и отрицателен для ее вогнутых участков.

Дивергенция температурного поля и интенсивность охлаждения больше на выпуклых участках (углы и ребра профиля слитков или внешние углы фасонных отливок) и меньше на вогнутых участках фронта солидус (впадины профиля слитков и внутренние углы фасонных отливок). В первом случае корочка плотного металла толще, а во втором случае тоньше в соответствии с термическим механизмом выравнивания фронта затвердевания (изотерма солидус) по периметру поперечного сечения заготовок разной конфигурации.

Список литературы

1. Мамишев В.А. Методика расчета термовременных параметров затвердевания литых заготовок разной конфигурации // Процессы литья. - 2008. - № 5. - С. 43 - 49.
2. Мамишев В.А. Особенности теплопереноса при формировании литых изделий с изменяющейся кривизной фронтов затвердевания // Процессы литья. - 1998. - № 3-4. - С. 63 - 67.
3. Мамишев В.А. Оптимальный подход к расчету температурных полей при формировании литых изделий разной конфигурации // Праці міжнарод. симпозіуму "Питання оптимізації обчислень" (ПОО-XXXIII). - К.: Ін-т кібернетики НАН України. - 2007. - С. 189 - 190.

669.18:621.746

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

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

ВЗАИМОСВЯЗЬ КИНЕТИКИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ С ТЕМПЕРАТУРНЫМИ ПОЛЯМИ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК

Чтобы усовершенствовать традиционные и создавать новые технологии литья в металлургии и литейном производстве необходимо управлять теплофизическими процессами затвердевания литых заготовок (слитков и отливок) разной массы, конфигурации и габаритных размеров из стали, чугуна и цветных сплавов.

Для выбора рационального способа получения литых заготовок в конкретных условиях производства следует удовлетворить противоречивым требованиям: технологической эффективности, экономической целесообразности, экологической безопасности, металло-, материало- и энергосбережения. Чтобы гарантировать конкурентоспособность литых деталей необходимо получать заготовки с высоким уровнем физико-механических и функциональных свойств литого металла.

Формирование высокого качества литых заготовок существенно зависит от температурных режимов их затвердевания в полости металлургической изложницы или литейной формы. Поэтому изучение температурного состояния затвердевающих заготовок разного назначения облегчает поиск оптимальных теплофизических условий затвердевания стальных слитков и массивных отливок [1 - 4].

С этой целью:

- изучен характер изменения во времени нестационарных температурных полей затвердевающих заготовок с учетом двухфазной зоны кристаллизации стали;
- выполнен системный анализ пространственно-временной эволюции температурного поля кузнечного слитка, предназначенного для получения машиностроительных изделий ответственного назначения;
- выявлены основные закономерности распределения изохрон температуры по радиусу кузнечного слитка массой 13,2т и кривых охлаждения локальных объемов кристаллизующейся стали в его поверхностных и глубинных слоях;
- установлена взаимосвязь кинетики затвердевания слитка с изохронами температуры и кривыми охлаждения с учетом влияния фронтов ликвидуса и солидуса в поперечном сечении слитка на двухфазную зону кристаллизации;
- получена функциональная зависимость между градиентами температуры на движущемся фронте солидус двухфазной зоны кристаллизации, интенсивностью охлаждения локальных объемов стали и линейной скоростью затвердевания литых заготовок цилиндрической геометрии;
- установлено, что скорость затвердевания слитков и массивных отливок прямопропорциональна интенсивности (скорости) охлаждения стали и обратно пропорциональна градиенту температуры на криволинейном фронте солидус двухфазной зоны кристаллизации;
- отмечены преимущества и недостатки кристаллической структуры литого металла по сравнению со структурой деформированного металла, полученного ковкой или прокаткой стальных слитков после их затвердевания;
- показаны пути интенсификации процесса затвердевания слитков и отливок для уменьшения вредного влияния литейных дефектов на качество литого металла за счет воздействия микрохолодильников на жидкий и кристаллизующийся металл при их введении в расплав и за счет замораживания