

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

стенок литейной формы.

Полученные результаты показали, что для ускорения процесса затвердевания литых заготовок следует повышать теплоаккумулирующую способность литейных форм, что существенно повысит скорость охлаждения стали в гетерогенной зоне двухфазного (твердо-жидкого) состояния слитков и отливок. Внутренний теплоотвод от расплава к теплостокам-микрохолодильникам, введенным в ограниченный объем затвердевающего слитка или массивной отливки, позволяет уменьшить градиенты температуры по толщине их стенок и обеспечивает эффективное увеличение скорости затвердевания литых заготовок разной массы и геометрии.

Список литературы

1. Мамишев В.А. Реотермическая концепция управления кристаллическим строением литых изделий // Процессы литья. – 2004. – № 3. – С. 43 - 48.
2. Мамишев В.А., Соколовская Л.А. О теоретическом прогнозировании термических условий повышения качества макроструктуры и эффективности затвердевания стальных слитков и слябов // Процессы разливки и кристаллизации стали. - К.: Ин-т проблем литья НАН Украины, 1991. – С. 72 - 82.
3. Мамишев В.А., Шинский О.И., Соколовская Л.А. О теплофизическом взаимодействии слитка с изложницей и отливки с формой в период формирования литой структуры // Литье и металлургия. - 2008. – № 3 (48). – С. 307 - 309.
4. Мамишев В.А., Шинский О.И., Соколовская Л.А. Системный анализ процесса затвердевания литых заготовок разной массы и назначения // Процессы литья. – 2010. – № 1. - С. 20 - 24.

УДК 627.771:07

М. О. Матвеева, Б. В. Климович, В. В. Климович

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАВКИ НА СВОЙСТВА МЕТАЛЛА РАБОЧЕГО СЛОЯ ВАЛКОВ

Для обеспечения заданной структуры металла должны быть строго взаимосвязаны факторы времени, химического состава и жидкого состояния чугуна [1]. Технологическим процессом производства чугунных отбеленных валков не предусмотрена термическая обработка, поэтому литая структура последних обуславливается значительным влиянием указанных выше факторов. Необходимость изучения термо-временных параметров (ТВП) плавки и заливки при получении отливок из белых чугунов обоснована в работе [2].

В мировой практике разработаны и широко применяются методы оцен-

ки качества продукции с использованием пассивных методов проведения эксперимента. В этом случае задачей является сбор численных значений, отражающих ход исследуемого процесса. Собранные данные затем подвергаются специальной обработке с использованием методов математической статистики. На этой основе проведены исследования влияния ТВП плавки на качество и твердость рабочего слоя центробежнолитых биметаллических и однослойных заготовок размерами диаметром 305...315 мм ТПХНЦ-60 и ТПХНЦ-52.

Анализ данных, упорядоченных на гистограммах (рис.1), позволяет судить о следующем. Температура металла в печи изменялась в пределах 1400...1500 °С. Из общего количества отлитых заготовок при предположительно оптимальных температурах перегрева металла для рабочего слоя биметаллических валков $T_n = 1426...1475$ °С отлито 87,3 %, в запредельных областях температур проведено: 3,64% при низких $T_n = 1400...1425$ °С и 9,09% при высоких $T_n = 1476...1500$ °С температурах. При этом перегрев выше температуры равновесия кремний-восстановительной реакции изменялся в широких пределах (75...130 °С).

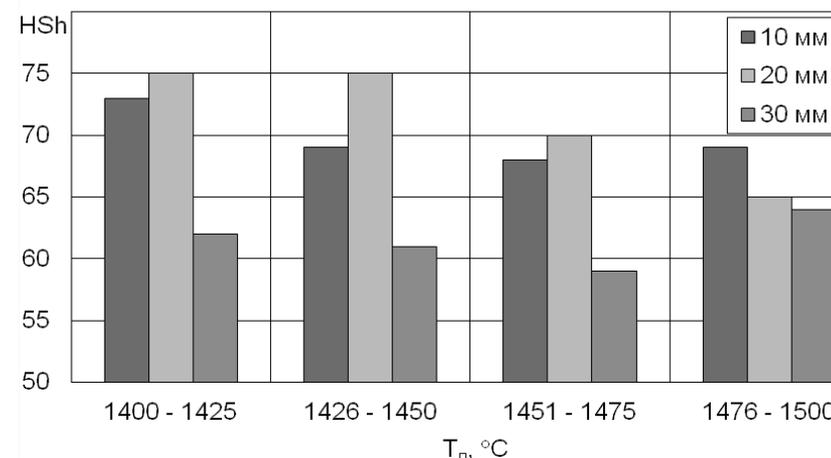


Рис. 1 – Твердость образцов по глубине заготовки в зависимости от температуры металла в печи

Выводы. В области низких значений перегрева в печи $T_n = 1400...1425$ °С и значениях $\Delta T_p = 91$ °С все отлитые валки имели практически одинаковую твердость на глубине 10 мм от литой поверхности (67...75 ед.Шора). С увеличением расстояния от поверхности в пределах 10...30 мм твердость уменьшается, но сохраняется тенденция увеличения твердости при повышении T_n . В оптимальных температурных интервалах перегрева в печи $T_n =$