

Прикладные аспекты повышения качества отливок при их затвердевании в песчаных формах. Сообщение 4

С применением системного анализа кристаллизации сплавов при затвердевании отливок в песчаных формах выявлены эффективные схемы повышения качества литых заготовок.

Ключевые слова: песчаная форма, отливка, затвердевание, качество, системный анализ

При кристаллизации высокотемпературных интервальных сплавов (стали и чугуны) во внутренних и поверхностных слоях отливок и кузнечных слитков разной массы и габаритных размеров возникают дефекты затвердевания. К ним относятся [1-3]: кристаллизационные и горячие трещины, усадочные и газовые раковины, газоусадочная пористость и рыхлость, дендритная и зональная ликвация основных элементов и вредных примесей (рисунок).



Связь дефектов затвердевания с процессом формирования массивных отливок и слитков

Изучение многофакторных процессов литья железоуглеродистых сплавов показало, что температурные режимы затвердевания отливок в сырых и сухих песчаных формах являются неблагоприятными [4] для получения качественных литых изделий без дефектов газоусадочного и ликвационного происхождения. В частности, в процессе затвердевания массивных отливок в песчаных формах и слитков в изложницах в условиях длительного пребывания расплава в жидком и двухфазном (твёрдо-жидком) состоянии в теле отливки или слитка образуется химическая неоднородность [5, 6] структуры литой стали.

Неравномерное распределение температуры в стенках песчаных форм [7], чугунных изложниц и кокилей [1,8], а также температура окружающей среды оказывают внешнее теплофизическое воздействие на кинетику затвердевания литых заготовок разной массы и геометрии. Выделение скрытой теплоты кристаллизации сплава оказывает внутреннее теплофизическое воздействие на кинетику затвердевания расплава в низкотеплопроводных песчаных формах и высокотеплопроводных чугунных изложницах и кокилях.

Возникновение большинства дефектов затвердевания и качество литого металла массивных отливок и кузнечных слитков зависит от интенсивности внешнего теплообмена в системе затвердевающая отливка-литейная форма-окружающая среда и внутреннего теплообмена в системе расплав-кристаллы.

Для изучения температурного состояния отливок разной геометрии в теплоаккумулирующих песчаных формах необходимо проводить комплексный системный анализ [9, 10] процесса затвердевания. Чтобы облегчить поиск эффективных путей повышения качества литых изделий, целесообразно [11, 12] проанализировать преимущества и недостатки технологической реализации разных схем кристаллизации интервальных сплавов в температурных условиях затвердевания отливок в песчаных формах. К их числу относятся [13, 14] схемы последовательной и объёмной кристаллизации и комбинированные схемы последовательно-объёмной и объёмно-последовательной кристаллизации.

Температура нагрева рабочей поверхности и приповерхностных слоёв низкотеплопроводных песчаных форм при затвердевании отливок повышается до предсолидусных температур кристаллизующегося сплава. Высокий уровень температур внутренней поверхности формы замедляет процесс затвердевания расплава, что образует по толщине отливки небольшой перепад температуры.

При относительно равномерном распределении температуры по сечению отливки, затвердевающей в песчаной форме, процесс кристаллизации узко- или широкоинтервального сплава соответствует схеме объёмной кристаллизации для массивных толстостенных отливок или схеме объёмно-последовательной кристаллизации для большинства отливок с меньшей толщиной стенок. В этих схемах

кристаллизации интервальных сплавов [14] в полости песчаной формы реализуется [15-17] медленный процесс охлаждения периферийных слоёв литого металла и центральных объёмов затвердевающей отливки.

Чтобы ускорить процесс затвердевания отливок разной геометрии в низкотеплопроводных формах из кварцевого песка можно идти двумя путями:

- организация быстрого охлаждения расплава в полости песчаной формы при введении в жидкий металл дисперсных твёрдых добавок, например, литой дроби для полного или частичного снятия начального перегрева [18,19] металлического расплава позволяет реализовать схемы объёмной и объёмно-последовательной кристаллизации интервального сплава при затвердевании отливок в условиях внутреннего теплообмена между жидким металлом и микрохолодильниками;

- создание более эффективных температурных режимов затвердевания отливок в низкотемпературных песчаных формах с повышенными скоростями охлаждения кристаллизующегося расплава позволяет реализовать схемы последовательно-объёмной и последовательной кристаллизации интервального сплава в условиях внешнего теплообмена между формирующейся отливкой и охлаждённой или замороженной [20] формой из кварцевого песка и окружающей средой.

В первом случае при интенсификации процесса охлаждения системы расплав-кристаллы в условиях внутреннего теплообмена между расплавом и твёрдыми добавками можно значительно ускорить процесс кристаллизации интервального сплава. При затвердевании толстостенных литых заготовок за счёт образования в расплаве дополнительных центров кристаллизации [21] можно получить мелкокристаллическую структуру отливок и слитков.

Во втором случае при интенсификации процесса охлаждения наружных слоёв затвердевающей заготовки в условиях внешнего теплообмена в системе отливка-форма-окружающая среда можно ускорить процесс кристаллизации сплава. В поверхностных слоях затвердевающей отливки за счёт понижения температуры [22] рабочих слоёв низкотемпературной песчаной формы, которая интенсивно поглощает теряемую отливкой теплоту, можно получить более мелкую структуру литого металла, чем в традиционной песчаной форме.

В итоге появляется возможность уменьшить количество (см. рисунок) дефектов затвердевания (кристаллизационных и горячих трещин, газовых и усадочных раковин, газоусадочной пористости, зональной и дендритной ликвации), что улучшает качество отливок, получаемых в песчаных формах.

Системное исследование процессов литья в обычные, охлаждённые и замороженные песчаные формы показало, что при затвердевании отливок в стенках экологически безопасных низкотемпературных форм аккумулируется большее количество теплоты, чем в стенках обычной песчаной формы.

Поэтому происходит интенсификация процесса внутреннего теплообмена в замороженной песчаной

форме с фазовыми переходами на изотерме 0 °С при плавлении межзёрненных прослоек льда и на изотерме 100 °С при испарении межзёрненных плёнок воды, которые образуются в условиях нагрева рабочих слоёв низкотемпературных песчаных форм тепловым потоком от жидкого и кристаллизующегося металла затвердевающей отливки.

К особенностям теплофизического воздействия низкотемпературных песчаных форм и стержней на качество литого металла при формировании отливок разной массы и назначения можно отнести:

- понижение температуры наружной поверхности затвердевающей отливки и температуры внутренней (рабочей) поверхности песчаной формы;

- повышение теплоаккумулирующей способности замороженных форм при плавлении прослоек льда и испарении плёнок воды;

- уменьшение перепадов температуры по толщине стенок песчаной формы с фазовыми превращениями типа плавление и испарение;

- улучшение тепловой работы низкотемпературных песчаных форм в условиях дополнительного теплопоглощения;

- интенсификация внешнего теплообмена между затвердевающей отливкой и стенками охлажденной или замороженной песчаной формы;

- увеличение перепадов и градиентов температуры по сечению отливки, затвердевающей в низкотемпературной песчаной форме;

- возможность образования твёрдой корочки в зоне теплового контакта кристаллизующегося расплава с низкотемпературной песчаной формой;

- уменьшение времени затвердевания стальных и чугунных отливок с разной толщиной стенок;

- повышение производительности процесса литья высокотемпературных железоуглеродистых сплавов в низкотемпературные песчаные формы;

- замена схем объёмно-последовательной кристаллизации интервальных сплавов схемами последовательно-объёмной кристаллизации;

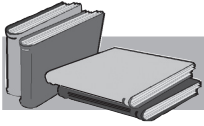
- уменьшение в теле отливки количества дефектов газоусадочного и ликвационного происхождения;

- формирование более мелкой литой структуры в поверхностных слоях и внутренних объёмах отливок разной массы и геометрии;

- повышение уровня физико-механических (прочностных и пластических) свойств литого металла;

- улучшение эксплуатационных свойств литых изделий (герметичность, износостойкость, термостойкость и коррозионная стойкость литого металла).

Таким образом, необходимо управлять [23-26] процессами внутреннего и внешнего теплообмена при затвердевании крупных отливок разной геометрии. Это позволит создавать благоприятные температурные условия формирования литых заготовок в экологически чистых низкотемпературных песчаных формах без появления наиболее опасных дефектов затвердевания (трещин и раковин) и оказывать эффективное теплофизическое воздействие на структуру и качество литого металла при получении отливок в формах из кварцевого песка.



ЛИТЕРАТУРА

1. *Ефимов В. А.* Разливка и кристаллизация стали / В. А. Ефимов. – М.: Металлургия, 1976. – 552 с.
2. *Скребцов А. М.* Конвекция и кристаллизация металлического расплава в слитках и отливках / А. М. Скребцов. – М.: Металлургия, 1993. – 143 с.
3. *Флемингс М.* Процессы затвердевания / М. Флемингс. – М.: Мир, 1977. – 423 с.
4. *Буданов Е. Н.* Семь основных мифов и заблуждений относительно литейного производства / Е. Н. Буданов // Литейное производство, 2009. – № 8, 9 – С. 2-8; С. 2-10.
5. *Гуляев Б. Б.* Затвердевание и неоднородность стали / Б. Б. Гуляев. – Л.-М.: Металлургиздат, 1950. – 227 с.
6. *Хворинов Н.* Кристаллизация и неоднородность стали / Н. Хворинов. – М.: Машгиз, 1958. – 392 с.
7. *Дорошенко С. П.* Получение отливок без пригара в песчаных формах / С. П. Дорошенко, В. А. Дробязко, К. И. Ващенко. – М.: Машиностроение, 1978. – 208 с.
8. *Литьё в кокиль / С. Л. Бураков, А. И. Вейник, Н. П. Дубинин и др.* – М.: Машиностроение. – 1980. – 415 с.
9. *Самойлович Ю. А.* Системный анализ кристаллизации слитка / Ю. А. Самойлович. – К.: Наукова думка, 1983. – 248 с.
10. *Мамишев В. А.* Системный анализ затвердевания литых заготовок с переменной кривизной границ двухфазной зоны / В. А. Мамишев // Процессы литья. – 2014. – № 1. – С. 19-26.
11. *Мамишев В. А.* Особенности формирования двухфазной зоны отливок и слитков с позиций системного анализа / В. А. Мамишев // Экономический путь к высококачественному литью. – К.: ФТИМС НАН Украины, 2005. – С. 34-36.
12. *Мамишев В. А.* Системный анализ механизмов влияния конвекции расплава и литейной оснастки на структуру стальных заготовок / В. А. Мамишев, О. И. Шинский, Л. А. Соколовская // Современные материалы и технологии в металлургии и машиностроении. – К.: ФТИМС НАН Украины, 2007. – С. 136-138.
13. *Мамишев В. А.* Системный анализ процесса затвердевания литых заготовок разной массы и назначения / В. А. Мамишев, О. И. Шинский, Л. А. Соколовская // Процессы литья, 2010. – № 1. – С. 20-24.
14. *Мамишев В. А.* Системное исследование реотермических процессов течения и теплообмена при кристаллизации сплавов // Там же. – 2015. – № 1. – С. 39-46.
15. *Мамишев В. А.* Физико-технологические аспекты затвердевания фасонных отливок в песчаной форме / В. А. Мамишев, О. И. Шинский, Л. А. Соколовская // Металл и литьё Украины, 2014. – № 9. – С. 28-30.
16. *Мамишев В. А.* Физико-математические аспекты затвердевания отливок разной геометрии в песчаной форме / В. А. Мамишев, О. И. Шинский, Л. А. Соколовская // Там же. – 2014. – № 11. – С. 21-24.
17. *Мамишев В. А.* Теплофизические аспекты интенсификации затвердевания отливок из стали и чугуна в форме из кварцевого песка / В. А. Мамишев, О. И. Шинский, Л. А. Соколовская // Там же. – 2015. – № 3. – С. 33-36.
18. *Затуловский С. С.* Суспензионная разливка / С. С. Затуловский. – К.: Наукова думка, 1981. – 259 с.
19. *Кириевский Б. А.* Особенности суспензионного литья / Б. А. Кириевский, В. Л. Черкасский // Литейное производство, 1978. – № 8. – С. 25-27.
20. *Грузман В. М.* О судьбе и перспективах применения замороженных форм / В. М. Грузман // Там же. – 2009. – № 7. – С. 14-17.
21. *Соколовская Л. А.* О возникновении дополнительных центров кристаллизации при введении дроби в расплав / Л. А. Соколовская, В. А. Мамишев // Металл и литьё Украины, 2014. – № 7. – С. 35-38.
22. *Мамишев В. А.* О повышении эффективности теплообмена в системе литая заготовка-форма-окружающая среда / В. А. Мамишев // Там же. – 2012. – № 11. – С. 31-35.
23. *Мамишев В. А.* Особенности теплопереноса при формировании литых изделий с изменяющейся кривизной фронтов затвердевания / В. А. Мамишев // Процессы литья, 1998. – № 3-4. – С. 63-67.
24. *Мамишев В. А.* Улучшение качества отливок и слитков с позиций системного анализа / В. А. Мамишев // Литейное производство в новом веке – как победить в конкуренции. – К.: ФТИМС НАН Украины, 2002. – С. 31-34.
25. *Мамишев В. А.* О реотермическом совмещении процессов суспензионной разливки и направленного затвердевания в режиме осадочной кристаллизации и рафинирующей подпитки / В. А. Мамишев // Физические методы моделирования разливки и кристаллизации стали. – К.: ИПЛ АН УССР, 1990. – С. 16-19.
26. *Мамишев В. А.* Реотермическая концепция управления кристаллическим строением литых изделий / В. А. Мамишев // Процессы литья. – 2004. – № 3. – С. 43-48.

Анотація

Мамишев В. А., Шинський О. Й., Соколовська Л. А.

Прикладні аспекти підвищення якості виливків при їх твердненні в піщаних формах. Повідомлення 4

Із застосуванням системного аналізу кристалізації сплавів при твердненні виливків в піщаних формах виявлені ефективні схеми підвищення якості литих заготовок.

Ключові слова

піщана форма, виливок, тверднення, якість, системний аналіз

Summary

Mamishev V., Shynskiy O., Sokolovska L.

The applied aspects of rise quality castings in the time of solidification in the sandy moulds. Report 4

Using the system analysis of crystallization of alloys in the time of solidification castings in the sandy moulds it is revealed the effective schemes of rise quality the cast billets.

Keywords

sandy mould, casting, solidification, quality, system analysis

Поступила 14.05.2015

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ И ПОДПИСЧИКОВ!

Порядок приёма статей в редакцию журнала

«Металл и литьё Украины»

В журнале «Металл и литьё Украины» публикуются результаты исследований, которые ранее не издавались и законченные экспериментальные работы, оформленные в виде статей.

Статьи публикуются на русском языке.

Комплект документов, необходимых для регистрации статьи:

- *один экземпляр рукописи (включая: УДК; организацию; ФИО авторов, резюме и ключевые слова (не меньше 6-ти) на 3-х языках – русском, украинском и английском; таблицы; рисунки и подписи к ним, а также список литературы), пронумерованной с первой до последней страницы и подписанной на последней странице текста всеми авторами, а также электронный вариант статьи;*
- *соглашение о передаче авторских прав, подписанное всеми авторами и рецензия на статью*
- *сведения об авторах (ФИО – полностью)*

В электронном виде по e-mail: mlu@optima.kiev.ua предоставляются:

- *рукопись, идентичная бумажной версии (просьба называть файл по фамилии первого автора статьи, например, [sidorov.doc](#) или [Сидоров.doc](#));*
- *все иллюстрации в чёрно-белом варианте в одном из стандартных графических форматов «tif» или «jpeg»;*
- *информация об авторах: фамилии, имена и отчества всех авторов, выделив одного из них, с кем следует вести переписку, факс и номер телефона (с кодом), а также названия учреждений, в которых выполнена работа.*