

Проблемные аспекты совершенствования технологии получения отливок в формах из кварцевого песка.

Сообщение 6

Выполнен сравнительный анализ основных преимуществ и недостатков современных технологий литья в песчаные формы с целью получения более мелкой структуры отливок.

Ключевые слова: *песчаная форма, металлический сплав, отливка, литая структура*

В современных технологиях литья применяются [1-15] многоразовые литейные формы (высокопрочные металлические формы и неметаллические формы повышенной прочности), которые используются [1] в специальных способах литья. К ним можно отнести постоянные формы, в том числе, металлические формы для кокильного литья (КЛ), пресс-формы для литья под давлением (ЛПД), а также изложницы (формы) для центробежного литья (ЦЛ) и кристаллизаторы для непрерывного литья (НЛ). Кроме того, применяются полупостоянные многоразовые графитовые формы из прессованного графита и одноразовые многослойные керамические формы для литья по выплавляемым моделям (ЛВМ) и оболочкового литья (ОЛ).

Чтобы удалить затвердевшие отливки из неразъемных керамических форм их разрушают, тогда как разъемные металлические формы не разрушают. Поэтому кокили, пресс-формы, изложницы и кристаллизаторы применяются для получения крупных партий отливок или слитков. Получать отливки в высокотеплопроводных металлических формах [4-8] и низкотеплопроводных керамических формах [13-15] более целесообразно при серийном и массовом производстве литых заготовок небольшой массы и габаритных размеров.

При замене наиболее распространенных экономических, но малопрочных песчаных форм на прочные, но неэкономичные металлические, графитовые или керамические формы [3, 4, 12-15] возникают технологические проблемы, связанные с резким снижением податливости и газопроницаемости форм с более высокой прочностью их стенок по сравнению с песчаными формами.

С помощью системного анализа [16, 17] технологических схем получения отливок разной массы, конфигурации и толщин стенок в разовых песчаных формах выявлены [18, 19] теплофизические и физико-химические особенности взаимосвязанных процессов затвердевания литых заготовок разного назначения и кристаллизации сплавов в температурном интервале ликвидус-солидус.

Для оценки эффективности технологического процесса литья металлов и сплавов в сырые и сухие формы на основе кварцевого песка с добавлением

небольшого количества связующих (глина и вода) необходимо выполнить обобщенный комплексный анализ (системный анализ) основных преимуществ и недостатков традиционной технологии литья в песчаные формы.

Чтобы облегчить поиск рациональных технологий литья в одноразовые низкотеплопроводные песчаные формы, целесообразно рассмотреть причины, которые или способствуют или препятствуют получению фасонных отливок высокого качества и достижению высокой производительности процесса литья. В частности, низкая теплопроводность песчаных форм способствует хорошему заполнению расплавом узких полостей в податливых и газопроницаемых формах на основе кварцевого песка для получения тонкостенных отливок без недоливов. Улучшается также тепловая работа прибылей, питающих отливку жидким металлом. При этом перегретый над температурой ликвидуса расплав полностью или частично компенсирует [20] литейную усадку затвердевающих толстостенных отливок, что способствует повышению качества литых изделий.

Для получения отливок применяются [21, 22] песчаные формы с разной степенью уплотнения формовочных и стержневых смесей. Податливость сырых песчаных форм способствует получению фасонных отливок без возникновения в них горячих трещин, а газопроницаемость песчаных форм способствует отводу газов из кристаллизующегося ядра затвердевающей отливки через стенки формы во внешнюю среду. Кроме того, регенерация (восстановление свойств) отработанной формовочной смеси на основе кварцевого песка позволяет его повторно использовать для получения форм и стержней, а недефицитность огнеупорных дисперсных материалов (песок и глина) делает технологию литья в песчано-глинистые формы экономически выгодной.

Поэтому к главным преимуществам технологии литья в наиболее распространенные в литейном производстве песчаные формы относятся:

- хорошая заполняемость расплавом узких полостей песчаных форм;
- эффективная тепловая работа литейных прибылей для питания отливок;
- достаточная податливость песчаных форм при затвердевании отливок;

- хорошая газопроницаемость стенок песчаных форм для отвода газов;
- простота технологического процесса литья в песчаные формы;
- доступность огнеупорных материалов для получения форм и стержней;
- технологичность схем регенерации отработанного кварцевого песка;
- экономичность технологии литья в песчано-глинистые формы.

Несмотря на широкое промышленное применение технологии литья сплавов чёрных и цветных металлов в разовые песчано-глинистые формы, которая является относительно простой технологией получения отливок разной массы и геометрических размеров, конкурентоспособность и технологические возможности традиционного способа формирования отливок высокого качества в обычных песчаных формах значительно ограничены.

В частности, при низкой прочности сырых песчаных форм в местах слабого уплотнения песчано-глинистой смеси возможны локальные обрушения малопрочных участков формы. По этой причине в металле затвердевающих отливок могут появиться песочные засоры, а отливки будут иметь невысокую чистоту поверхности, особенно в случае возникновения пригара [21] в зоне теплового контакта затвердевающего расплава со стенками песчаной формы. Кроме того, при литье в сырые и сухие песчано-глинистые формы с горизонтальной или вертикальной плоскостью разъёма полуформ [3] трудно получить высокую размерную точность фасонных отливок.

Из-за высокой температуры нагрева расплавом поверхностных слоёв низкотеплопроводных песчаных форм с невысокой теплоаккумулирующей способностью теплоотвод от жидкого и кристаллизующегося металла через стенки формы в окружающую среду затормаживается [23, 24]. Толстостенные отливки затвердевают в песчаных формах очень медленно. Поэтому образуется крупнокристаллическая (дендритная или недендритная) структура литого металла, значительно увеличиваются размеры неметаллических включений, возникает физическая и химическая неоднородность крупных отливок [25, 26] с появлением усадочных и газовых раковин, микро- и макроликвации примесей.

В итоге, при кристаллизации металлического сплава в песчаных формах фасонные отливки имеют низкий уровень физико-механических (прочностных и пластических) свойств литого металла. Из-за медленного затвердевания и охлаждения отливок в песчаных формах традиционная технология получения литых заготовок в сухих и сырых формах на основе кварцевого песка имеет чрезвычайно низкую производительность технологического процесса литья.

Необходимость разрушать песчаные формы для извлечения из них затвердевших отливок приводит [3, 22] к повышенному расходу дисперсных материалов на изготовление новых форм и литейных стержней с целью получения других отливок. Кроме того, интенсивное выделение в атмосферу цеха пылевидных фракций отработанной формовочной смеси при

выбивке отливок из разрушаемых разовых форм свидетельствует о низком уровне экологической безопасности технологии литья в песчано-глинистые формы.

Следует ещё учесть недостаточное использование средств автоматизации технологии литья в песчаные формы [27] и необходимость в дополнительных энергозатратах на смешивание дисперсных компонентов формовочных и стержневых смесей, на уплотнение песчаных форм и стержней вибрацией или прессованием, а также на их нагрев при тепловой сушке для получения отливок разной массы и конфигурации без образования опасных дефектов литья.

Поэтому целесообразно перечислить основные недостатки обычной технологии получения большинства отливок в низкотеплопроводных песчаных формах. К наиболее существенным недостаткам традиционной технологии литья в разовые формы на основе кварцевого песка относятся:

- невысокая прочность сырых песчано-глинистых форм и стержней;
- возможность появления песочных засоров в теле фасонных отливок;
- низкая теплоаккумулирующая способность обычных песчаных форм;
- невысокий уровень чистоты шероховатой поверхности отливок;
- невысокая размерная точность отливок при литье в песчаные формы;
- образование физической и химической неоднородности отливок;
- невысокий уровень физико-механических свойств литого металла;
- разрушение песчаных форм при удалении из них затвердевших отливок;
- ухудшение экологии среды из-за выделения пыли при выбивке отливок;
- повышенный расход материалов на изготовление форм и стержней;
- дополнительные энергозатраты на уплотнение и сушку песчаных форм;
- низкая производительность процесса литья в песчано-глинистые формы.

Однако существенные преимущества получения единичных и серийных отливок в песчаных формах с податливыми песчаными стержнями позволяют применять эту технологию при решении важных для литейного производства задач, связанных с получением литых заготовок разной массы, в том числе крупных стальных отливок. Но большое количество недостатков технологии литья в разрушаемые разовые песчаные формы указывает на необходимость решать много сложных научно-технических задач оптимизации традиционной технологии производства отливок в малопрочных песчано-глинистых формах.

Для изготовления прочных форм и стержней на основе кварцевого песка вместо песчано-глинистых смесей применяются песчано-жидкостекольные или песчано-смоляные смеси [28, 29]. Если формы и стержни из песчано-глинистых смесей отвердевают в условиях длительного нагрева при их тепловой сушке, то песчаные формы и стержни на основе

жидкостекольных самотвердеющих смесей (ЖСС) повышенной текучести отверждаются без нагрева при их продувке углекислым газом (CO₂-процесс). Аналогично песчаные формы и стержни с применением холоднотвердеющих смесей (ХТС) отверждаются без нагрева при химическом взаимодействии синтетических смол с введенными в формовочную смесь катализаторами (ускорителями твердения смеси).

Однако технологии литья [28, 29] в прочные песчано-жидкостекольные и песчано-смоляные формы имеют ряд недостатков [30], которые резко снижают эффективность их применения в литейном производстве. К ним относятся:

- плохая выбиваемость отливок из прочных песчаных форм на основе самотвердеющих смесей с жидкостекольными связующими;

- плохая экологическая ситуация при затвердевании отливок в прочных формах на основе холоднотвердеющих смесей со смоляными связующими.

В обоих случаях возникает общая технологическая проблема регенерации отработанных формовочных и стержневых смесей (ЖСС и ХТС) с целью их повторного использования при получении отливок по этим технологиям литья.

Чтобы повысить качество отливок, физико-механические свойства литого металла и эксплуатационные свойства литых изделий, необходимо улучшить технологический процесс литья в песчаные формы. При эффективном решении проблемных вопросов технологии литья в песчаные формы можно уменьшить расход свежего песка на изготовление форм и стержней и избежать появления в литом металле песочных засоров. Кроме того, можно повысить чистоту поверхности отливок и их размерную точность, увеличить производительность технологии литья и улучшить экологическую обстановку на участках заливки жидкого металла и выбивки отливок из разрушаемых песчаных форм.

К применяемым в литейном производстве современным технологиям литья в песчаные формы можно отнести способ литья по газифицируемым моделям (ЛГМ) [31], способ вакуум-плёночной формовки (ВПФ) [32] и способ литья в замороженные формы (ЛЗФ) [33]. Поэтому целесообразно рассмотреть характерные особенности и проблемные вопросы этих принципиально разных технологий литья в неметаллические формы на основе кварцевого песка.

В большинстве технологий литья жидкий металл заливается в полость разъёмной формы после извлечения из неё деревянной, пластмассовой или металлической многоразовой (постоянной) модели будущей отливки или после расплавления и удаления из полости неразъёмной формы восковой однократной модели [13]. Затвердевающий расплав кристаллизуется в литейной форме, образуя отливку, которая обладает заданными физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Но при литье по газифицируемым моделям (технология ЛГМ) модель будущей отливки не удаляется из формы. Поэтому в процессе заливки расплава в полости песчаной формы происходит термическая деструкция (разрушение структуры) однократной пенополистироловой моде-

ли [31]. Это приводит к интенсивной газификации модели из пенополистирола при её замещении жидким металлом в полости песчаной формы.

К преимуществам технологии ЛГМ (литьё по газифицируемым моделям) по аналогии с технологией ЛВМ (литьё по выплавляемым моделям) относится отсутствие полуформ. Поэтому при ЛГМ песчаные формы не имеют разъёма, что способствует повышению размерной точности и чистоты поверхности фасонных отливок. Но из-за интенсивного газовыделения при взаимодействии жидкого металла с пенополистироловой моделью требуется удалять из полости формы большое количество образующихся газов. Это необходимо для того, чтобы при затвердевании отливок литой металл не насыщался углеродом, а в теле отливки не возникала развитая газовая пористость, которая приводит к снижению физико-механических свойств и герметичности литых деталей.

Достоинством технологии ВПФ (способ вакуум-плёночной формовки) является получение прочной песчаной формы под действием разности давления на стенки неразъёмной формы с герметизирующей синтетической плёнкой после подключения формы к системе её вакуумирования [32]. По сравнению с обычной технологией литья в песчаные формы ВПФ-технология обеспечивает более высокую чистоту поверхности отливок и повышенную точность их размеров, пониженный расход песка и более простой процесс регенерации формовочной смеси. Но значительно ускорить процесс затвердевания отливок в процессе литья в вакуумируемые песчаные формы весьма проблематично.

Чтобы в значительной степени интенсифицировать тепловые процессы затвердевания фасонных отливок в низкотеплопроводных формах на основе кварцевого песка, целесообразно применять [34] прогрессивные технологии литья в низкотемпературные песчаные формы. К ним относятся технологии получения отливок в охлаждённых сухих песчаных формах и в замороженных сырых формах из кварцевого песка.

Главным преимуществом экологически безопасных низкотемпературных форм и стержней на основе кварцевого песка является их способность значительно ускорить теплофизический процесс затвердевания отливок разного назначения. Это достигается за счёт повышения теплоаккумулирующей способности стенок низкотемпературных песчаных форм и стержней, которые формируют наружные и внутренние поверхности затвердевающих отливок.

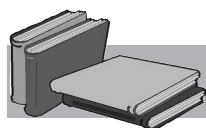
Недостатком технологии литья высокотемпературных металлических сплавов в низкотемпературные песчаные формы является потребность в дополнительных энергозатратах на охлаждение сухих форм до отрицательных температур и на замораживание сырых форм. Чтобы уменьшить энергозатраты на предварительное охлаждение или замораживание низкотеплопроводных песчаных форм и стержней, целесообразно охлаждать или замораживать только их рабочие слои, которые интенсивно нагреваются тепловым потоком от затвердевающей отливки к стенкам низкотемпературной формы.

В рабочих слоях замороженной формы происходит плавление прослоек льда между песчинками и испарение возникающих плёнок воды с поглощением скрытой теплоты фазовых переходов. Поэтому во время затвердевания отливок теплоаккумулирующая способность замороженных песчаных форм возрастает. Это интенсифицирует внешний теплоотвод от поверхности отливки к стенкам низкотемпературной формы, что ускоряет [34] процесс затвердевания отливки.

Например, при совмещении процессов внутреннего теплоотвода от жидкого металла к введенным в него частицам-микророзохлаждающим [35] и внешнего теплоотвода от затвердевающей отливки к стенкам вакуумируемой замороженной формы, можно создать температурные условия для получения мето-

дом суспензионного литья [36,37] массивных отливок с более мелкой кристаллической структурой литого металла и более высокими механическими и служебными свойствами литых изделий разного назначения.

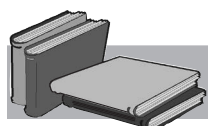
С целью научно обоснованного поиска оптимальных тепловых режимов формирования отливок разной массы и геометрии в экологически чистых, газопроницаемых, податливых, но достаточно прочных низкотемпературных песчаных формах с повышенной теплоаккумулирующей способностью стенок целесообразно, опираясь на немногочисленные данные экспериментальных исследований, проводить математическое моделирование температурных полей в системе затвердевающая отливка – форма – окружающая среда [38-42].



ЛИТЕРАТУРА

1. Специальные способы литья: Справочник / Под. общ. ред. В. А. Ефимова. – М.: Машиностроение, 1991. – 736 с.
2. *Сосненко М. Н.* Современные литейные формы / М. Н. Сосненко. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1967. – 267 с.
3. *Емельянова А. П.* Технология литейной формы / А. П. Емельянова. – М.: Машиностроение, 1968. – 247 с.
4. *Вейник А. И.* Кокиль / А. И. Вейник. – Минск: Наука и техника, 1972. – 352 с.
5. *Бураков С. Л.* Литьё в кокиль / С. Л. Бураков, А. И. Вейник, Н. П. Дубинин и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 415 с.
6. Литьё под давлением / Под ред. А. К. Белопухова. – Изд. 2-е. – М.: Машиностроение, 1975. – 400 с.
7. *Белопухов А. К.* Технологические режимы литья под давлением / А. К. Белопухов. – М.: Машиностроение, 1985. – 271 с.
8. *Юдин С. Б.* Центробежное литьё / С. Б. Юдин, М. М. Левин, С. Е. Розенфельд. – Изд. 2-е. – М.: Машиностроение, 1972. – 280 с.
9. *Шевченко А. И.* Центробежное литьё под флюсом / А. И. Шевченко. – К.: Наукова думка, 1991. – 191 с.
10. *Смирнов А. Н.* Непрерывная разливка стали / А. Н. Смирнов, С. В. Куберский, Е. В. Штепан. – Донецк: ДонНТУ, 2011. – 482 с.
11. *Баранов О. А.* Непрерывное литьё чугуна / О. А. Баранов, Б. Г. Ветров, В. Б. Польш и др. – М.: Metallurgy, 1968. – 335 с.
12. *Сосненко М. Н.* Графитовые литейные формы / М. Н. Сосненко. – М.: Машгиз, 1963. – 115 с.
13. *Шкленник Я. И.* Литьё по выплавляемым моделям / Я. И. Шкленник, А. В. Баранов, В. Н. Иванов и др. – М.: Машгиз, 1961. – 455 с.
14. *Стрюченко А. А.* Керамические формы в точном литье по постоянным моделям / А. А. Стрюченко, Э. В. Захарченко. – М.: Машиностроение, 1988. – 128 с.
15. *Коротков А. И.* Литьё в оболочковые формы / А. И. Коротков, А. М. Полевая. – М.: Машгиз, 1963. – 297 с.
16. *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.
17. *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.
18. *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 // Металл и литьё Украины. – 2015. – № 3. – С. 33-36.
19. *Мамишев В. А.* Физико-химические аспекты улучшения температурных условий кристаллизации Fe-C сплавов в полости песчаных форм / В. А. Мамишев, О. И. Шинский, Л. А. Соколовская // Металл и литьё Украины. – 2015. – № 11. – С. 19-23.
20. *Василевский П. Ф.* Технология стального литья / П. Ф. Василевский. – М.: Машиностроение, 1974. – 408 с.
21. *Дорошенко С. П.* Получение отливок без пригара в песчаных формах / С. П. Дорошенко, В. А. Дробязко, К. И. Ващенко. – М.: Машиностроение, 1978. – 208 с.
22. *Гуляев Б. Б.* Литейные процессы / Б. Б. Гуляев. – М. – Л.: Машгиз, 1960. – 416 с.
23. *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.
24. *Мамишев В. А.* Прикладные аспекты повышения качества отливок при их затвердевании в песчаных формах / В. А. Мамишев, О. И. Шинский, Л. А. Соколовская // Металл и литьё Украины. – 2015. – № 6. – С. 18-21.
25. *Гуляев Б. Б.* Затвердевание и неоднородность стали / Б. Б. Гуляев. – Л. – М.: Metallurgizdat, 1950. – 227 с.
26. *Хворинов Н.* Кристаллизация и неоднородность стали / Н. Хворинов. – М.: Машгиз, 1958. – 392 с.
27. *Озеров В. А.* Автоматизация производства отливок в песчаных формах / В. А. Озеров. – М.: Высшая школа, 1988. – 80 с.
28. *Лясс А. М.* Быстротвердеющие формовочные смеси / А. М. Лясс. – М.: Машиностроение, 1965. – 332 с.
29. *Жуковский С. С.* Формы и стержни из холоднотвердеющих смесей / С. С. Жуковский, А. М. Лясс. – М.: Машиностроение, 1978. – 223 с.
30. *Буданов Е. Н.* Семь основных мифов и заблуждений относительно литейного производства / Е. Н. Буданов // Литейное производство. – 2009. – № 8. – С. 2-8 и № 9. – С. 2-10.

31. *Озеров В. А.* Литьё по моделям из пенополистирола / В. А. Озеров, В. С Шуляк., Г. А. Плотников. – М.: Машиностроение, 1970. – 183 с.
32. *Минаев А. А.* Вакуумная формовка / А. А. Минаев, Е. Б Ноткин., В. А Сазонов. – М.: Машиностроение, 1988. – 261 с.
33. *Грузман В. М.* О судьбе и перспективах применения замороженных форм / В. М. Грузман // Литейное производство. – 2009. – № 7. – С. 14-17.
34. *Мамишев В. А.* О повышении эффективности теплообмена в системе литая заготовка- форма-окружающая среда / В. А. Мамишев // *Металл и литьё Украины.* – 2012. – № 11. – С. 31-35.
35. *Соколовская Л. А.* О возникновении дополнительных центров кристаллизации при введении дробы в расплав / Л. А. Соколовская, В. А.Мамишев // *Металл и литьё Украины.* – 2014. – № 7. – С. 35–38.
36. *Затуловский С. С.* Суспензионная разливка / С. С. Затуловский. – К.: Наукова думка, 1981. – 259 с.
37. *Кириевский Б. А.* Особенности суспензионного литья / Б. А. Кириевский, В. Л. Черкасский // *Литейное производство,* 1978. – № 8. – С. 25 – 27.
38. *Мамишев В. А.* Физико-математические аспекты затвердевания отливок разной геометрии в песчаной форме / В. А. Мамишев, О. И. Шинский., Л. А. Соколовская // *Металл и литьё Украины.* – 2014. – № 11. – С. 21-24.
39. *Соколовская Л. А.* О математическом моделировании задач с фазовыми переходами в металлургии и литейном производстве / Л. А Соколовская., В. А Мамишев. // *Процессы литья.* 2009. – № 2. – С. 24-29.
40. *Соколовская Л. А.* Учёт теплового сопротивления неметаллических прослоек в контактной зоне теплообмена / *Литейное производство: технология, материалы, оборудование, экономика и экология. Матер. междунаро.научно-практ. конф.* – Киев: ФТИМС НАНУ, 2011. – С. 256-258.
41. *Соколовская Л. А., Мамишев В. А.* Теплофизическое обоснование программ расчёта температурных полей при затвердевании слитков и крупных отливок с вводом в расплав литой дробы / Л. А Соколовская., В. А Мамишев // *Процессы литья.*, – 2015. – № 5. – С. 61-69.
42. *Мамишев В. А.* Системное исследование реотермических процессов течения и теплообмена при кристаллизации сплавов / В. А. Мамишев // *Процессы литья.* – 2015. – № 1. – С. 39-46.



ЛИТЕРАТУРА

1. Efimov V. A. (Eds.) (1991). *Special'nye sposoby lit'ja* [Special casting methods] . Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
2. Sosnenko M. N. (1967). *Sovremennye litejnye formy* [Actual casting molds] (2nd ed.). Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
3. Emel'janova A. P. (1968). *Tehnologija litejnoj formy* [Casting molds technology]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
4. Vejnik A. I. (1972). *Kokil'* [Iron mold]. Minsk: Nauka i tehnika [in Russian].
5. Burakov S. L., Vejnik A. I., Dubinin N. P. et al.(1980) *Lit'jo v kokil'* [Chill casting]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
6. Belopuhov A. K. (Eds.) (1975). *Lit'jo pod davleniem* [Die casting]. (2nd ed.). Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
7. Belopuhov A. K. (1985). *Tehnologicheskie rezhimy lit'ja pod davleniem* [Technical regimes for die casting]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
8. Judin S. B., Levin M. M., Rozenfel'd S. E. (1972). *Centrobezhnoe lit'jo* [Centrifugal casting]. (2nd ed.). Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
9. Shevchenko A. I. (1991). *Centrobezhnoe lit'jo pod fljusom* [Submerged centrifugal casting]. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
10. Smirnov A. N., Kuberskij S. V., Shtepan E. V. (2011). *Nepreryvnaja razlivka stali* [Continuous steel casting]. – Doneck: DonNTU [in Russian].
11. Baranov O. A., Vetrov B. G., Pol' V. B. et al. (1968). *Nepreryvnoe lit'jo chuguna* [Continuous iron casting]. Moscow: Metallurgija [in Russian].
12. Sosnenko M. N. (1963). *Grafitovye litejnye formy* [Graphite molds]. Moscow: Mashgiz [in Russian].
13. Shklyennik Ja. I., Baranov A. V., Ivanov V. N. et al. (1961). *Lit'jo po vyplavljaemym modeljam* [Lost-wax casting]. Moscow: Mashgiz [in Russian].
14. Strjuchenko A. A., Zaharchenko Je. V(1988). *Keramicheskie formy v tochnom lit'e po postojannym modeljam.* [Ceramic molds for precise casting into permanent molds]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
15. Korotkov A. I., Polevaja A. M. (1963). *Lit'jo v oblochkovye formy* [Shell casing]. Moscow: Mashgiz [in Russian].
16. Mamišev V. A. (2002). *Uluchshenie kachestva otlivok i slitkov s pozicij sistemnogo analiza* [Castngs and ingots enhancement from a systems analyses perspective]. Proceedings from Conference Foundry in the new century: How to win the competition: Litejnoe proizvodstvo v novom veke – kak pobedit' v konkurencii. Kiev: PTIMA of NAS of Ukraine, (pp.31-34) [in Russian].
17. Mamišev V. A., Shinskij O. I., Sokolovskaja L. A. (2010). *Sistemnyj analiz processa zatverdevanija lityh zagotovok raznoj massy i naznachenija* [Systems analyses for solidification of cast sections with different weight and destination]. *Processy lit'ja. – Casting processes, 1, 20-24* [in Russian].
18. Mamišev V. A., Shinskij O. I., Sokolovskaja L. A. (2015). *Teplofizicheskie aspekty intensifikacii zatverdevanija otlivok iz stali i chuguna v forme iz kvarceвого песка* [Thermophysical aspects of intensification for steel and iron castings solidification in siliceous sand mold]. *Metall i lit'jo Ukrainy. – Metal and casting in Ukraine, 3, 33-36* [in Russian].
19. Mamišev V. A., Shinskij O. I., Sokolovskaja L. A. (2015). *Fiziko-himicheskie aspekty uluchshenija temperaturnyh uslovij kristallizacii Fe-C splavov v polosti peschanyh forme* [Physical and chemical aspects of temperature conditions enhancement for Fe-C alloys in sand mold cavity]. *Metall i lit'jo Ukrainy. – Metal and casting in Ukraine, 11, 19-23* [in Russian].
20. Vasilevskij P. F. (1974). *Tehnologija stal'nogo lit'ja* {Steel casting technology}. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
21. Doroshenko S. P., Drobjazko V. A., Vashhenko K. I. (1978). *Poluchenie otlivok bez prigara v peschanyh formah* [Getting castings without burning-on in sand molds] Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
22. Guljaev B. B. (1960). *Litejnye processy* {Casting processes}. Moscow – Leningrad: Mashgiz [in Russian].

23. Mamishev V. A., Shinskij O. I., Sokolovskaja L. A. (2014). Fiziko-tehnologicheskie aspekty zatverdevaniya fasonnyh otlivok v peschanoj forme [Physical and technological aspects of shape castings solidification in sand mold]. Metall i lit'jo Ukrainy. – Metal and casting in Ukraine, 9, 28-30 [in Russian].
24. Mamishev V. A., Shinskij O. I., Sokolovskaja L. A. (2015). Prikladnye aspekty povysheniya kachestva otlivok pri ih zatverdevanii v peschanyh formah [Applicable aspects of castings quality improvement during their solidification in sand molds]. Metall i lit'jo Ukrainy. – Metal and casting in Ukraine, 6, 18-21 [in Russian].
25. Guljaev B. B. (1950). Zatverdevanie i neodnorodnost' stali [Solidification and heterogeneity of steel]. Leningrad – Moscow: Metallurgizdat [in Russian].
26. Hvorinov N. (1958). Kristallizacija i neodnorodnost' stali [Crystallization and heterogeneity of steel]. Moscow: Mashgiz. [in Russian].
27. Ozerov V. A. (1988). Avtomatizacija proizvodstva otlivok v peschanyh formah [Production automation for sand castings]. Moscow: Vysshaja shkola[in Russian].
28. Ljass A. M. (1965). Bystrotverdejushhie formovochnye smesi [quick-hardening investments]. Moscow: Mashinostroenie. [in Russian].
29. Zhukovskij S. S., Ljass A. M. (1978). Formy i sterzhni iz holodnotverdejushhij smesej [Molds and cores from cold-hardening investments]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
30. Budanov E. N. (2009). Sem' osnovnyh mifov i zabluzhdenij odnositel'no litejnogo proizvodstva [Seven main legends and illusions about foundry]. Litejnoe proizvodstvo – Foundry, 8, 2-8 and 9, 2-10. [in Russian].
31. Ozerov V. A., Shuljak V. S., Plotnikov G. A. (1970). Lit'jo po modeljam iz penopolistirola [Polystyrene pattern casting]. Moscow: Mashinostroenie [in Russian].
32. Minaev A. A., Notkin E. B., Sazonov V. A. (1988). Vakuumnaja formovka {Vacuum forming}. Moscow: Mashinostroenie. [in Russian].
33. Gruzman V. M. (2009). O sud'be i perspektivah primenenija zamorozhennyh form [About destiny and chances of frozem molds usage]. Litejnoe proizvodstvo – Foundry, 7, 14-17. [in Russian].
34. Mamishev V. A. (2012). O povyshenii jeffektivnosti teploobmena v sisteme litaja zagotovka-forma-okruzhajushhaja sreda [About enhancement of heat transfer efficiency in ingot-mold-environment system]. Metall i lit'jo Ukrainy. – Metal and casting in Ukraine, 11, 31-35 [in Russian].
35. Sokolovskaja L. A., V. A.Mamishev (2014). O voznikovenii dopolnitel'nyh centrov kristallizacii pri vvedenii drobi v rasplav [About rise of additional crystallization centers under shots adding into melt]. Metall i lit'jo Ukrainy. – Metal and casting in Ukraine, 7, 35-38 [in Russian].
36. Zatulovskij S. S (1981). Suspenzionnaja razlivka [Suspension pouring].Kiev: Naukova dumka [in Russian].
37. Kirievskij B. A., Cherkasskij V. L. (1978). Osobennosti suspenzionnogo lit'ja [Suspension casting peculiarities]. Litejnoe proizvodstvo – Foundry, 8, 25-27. [in Russian].
38. Mamishev V. A., Shinskij O. I., Sokolovskaja L. A. (2014). Fiziko-matematicheskie aspekty zatverdevaniya otlivok raznoj geometrii v peschanoj forme [Physical and mathematical aspects of castings solidification in sand molds]. Metall i lit'jo Ukrainy. – Metal and casting in Ukraine, 11, 21-24 [in Russian].
39. Sokolovskaja L. A., Mamishev V. A. (2009). O matematicheskom modelirovanii zadach s fazovymi perehodami v metallurgii i litejnom proizvodstve [About simulation of phase-change problems in metallurgy and foundry].]. Processy lit'ja. – Casting processes, 2, 24-29 [in Russian].
40. Sokolovskaja L. A. (2011). Uchjot teplovogo soprotivlenija nemetallicheskih prosloek v kontaktnoj zone teploobmena [Account of heat resistance of non-metal interlayers in heat transfer contact zone]. Proceedings from Foundry: technology, materials, equipment, economy, and ecology. International Scientisic and Practical Conference – Litejnoe proizvodstvo: tehnologija, materialy, oborudovanie, jekonomika i jekologija. Mater. mezhdunarod.nauchno-prakt. konf. Kiev: PTiMA NASU, pp.265-258 [in Russian].
41. Sokolovskaja L. A., Mamishev V. A. (2015). Teplofizicheskoe obosnovanie programm rascheta temperaturnyh polej pri zatverdevanii slitkov i krupnyh otlivok s vvodom v rasplav litoj drobi [Thermophysical ground for temperature fields calculation programs during solidification of ingots and large castings under cast shots adding into melt]. Processy lit'ja. – Casting processes, 5, 61-69 [in Russian].
42. Mamishev V. A. (2015). Sistemnoe issledovanie reotermicheskijh processov techenija i teplo-obmena pri kristallizacii splavov [System study of reo-thermal processes of flow and heat transfer during alloys crystallization]. Processy lit'ja. – Casting processes, 1, 39-46 [in Russian].

Анотація

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

Проблемні аспекти вдосконалення технології одержання виливків в формах з кварцового піску. Повідомлення 6

Виконано порівняльний аналіз основних переваг та недоліків сучасних технологій лиття в піщані форми з метою отримання більш дрібної структури виливків.

Ключові слова

піщана форма, металевий сплав, виливок, лита структура

Summary

Mamishhev V., Shinskij O., Sokolovska L.

The problem aspects of improving technology of making castings in the moulds from quartz sand. Report 6

The comparative analyses of basic advantages and disadvantages of current technologies of casting into sand moulds for the purpose of obtaining fine structure of the castings is carried out.

Keywords

casting, sand mould, steel, pig iron, crystallization process

Поступила 27.04.2016

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, 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@ptima.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.*