

Р. В. Ковальчик

Застосування пекового коксу для усунення та попередження захаращення горнів доменних печей

Виконано аналіз впливу гарячої міцності коксу (CSR) на стійкість повітряних фурм. Встановлена залежність між показником гарячої міцності коксу та кількістю заміненних горілих повітряних фурм в умовах доменного цеху ВАТ «МК „Азовсталь“». Запропоновано та досліджено новий спосіб попередження та усунення захаращення горна доменних печей, показані переваги запропонованого способу у порівнянні з існуючими

Воздушная фурма, загромождение горна, доменная печь, пековый кокс, горячая прочность, реакционная способность

УДК 669-14: 303.732.4:164.3

В. Н. Цуркин (ИИПТ НАНУ)

Принципы системного подхода к выбору методов внепечной обработки расплава

Многообразие требований, предъявляемых к отливкам, обусловленное широким применением литой продукции в самых разнообразных отраслях промышленности, оправдывает применение различных принципов организации литейных производственных участков, использование разнообразных сырьевых ресурсов и множество методов обработки, которые применяют на всех стадиях технологической цепочки «шихта-расплав-отливка», разнесенных как во времени, так и территориально. Как правило, эти методы являются многоцелевыми и многофункциональными, и, как подчеркивается в работе [1], нельзя выделить какой-нибудь один из них, универсальный метод, который бы однозначно обеспечивал требуемое качество отливки. Кроме того, анализируя литейное производство, например, как это сделано в работе [2], можно выделить порядка 10^3 различных факторов, оказывающих прямое либо косвенное влияние на показатели качества конечной продукции. В целом это затрудняет принятие обоснованных решений при проектировании или модернизации литейных производственных участков, которые в рыночных условиях, прежде всего, должны быть направлены на реализацию конечной цели – оптимального соотношения «цена-качество» продукции, получаемой методами литья.

Анализ показывает [3], что используемые на практике методы и средства контроля и управления качеством в литейном производстве отличаются

В рамках представлений о методологии структурирования системы управления качеством литого металла в общей постановке предложена и проанализирована система признаков, характеризующая проблему выбора методов внепечной обработки расплава, основанных на внешнем физическом воздействии на металл

не только методологией выбора, но и их конечной результативностью. При этом разработки последнего времени свидетельствуют о том, что система управления качеством будет наиболее эффективной, если ее выбор основывается на системном подходе, базовые принципы которого на фундаментальном уровне достаточно хорошо изучены и обсуждались ранее в работе [4]. Преимущества такого подхода заключаются, прежде всего, в том, что здесь обеспечивается комплексный учет многообразия ключевых факторов, влияющих на качество литого металла.

Важными характеристиками любой системы являются ее целостность и упорядоченность [5]. Основная познавательная процедура при описании такой системы сводится к поиску общих и индивидуальных признаков ее элементов, и чем больше находится общих признаков, тем более успешно можно структурировать систему. Одним из методов определения таких признаков является метод классификации подсистем, которые трактуются по категории «отношение» с выделением субординации главных и второстепенных элементов системы.

Обобщенную систему управления качеством

в литейном производстве, которая должна охватывать все стадии технологического цикла, также можно структурировать после построения отдельных фрагментарных подсистем, имеющих свои функциональные и подцелевые признаки. Например, в работе [3] на уровне экспертной подсистемы подробно рассмотрены общие признаки построения системы оперативного мониторинга и управления качеством литейного производства. При этом сделан упор на состояние и принципы получения продуктов литья, проанализированы функциональные характеристики таких объектных систем с выделением основных каналов и шлюзов передачи информации. Авторами подчеркивается актуальность такого подхода как для выбора методологии системы управления качеством, так и для функционирования на новом фундаментальном уровне проектных решений.

Дополняя эти данные, а также положения, изложенные в работе [4], рассмотрим стадию обработки расплава вне печного агрегата как один из элементов системы «шихта-расплав-отливка». Известно, что эта стадия в значительной мере влияет на формирование структуры и свойств литого металла. Именно на этой стадии окончательно нивелируются отрицательные наследственные признаки шихты, обеспечивается состояние расплава, которое по тем или иным причинам невозможно достичь в плавильном агрегате, и создаются условия для оптимальной кристаллизации расплава. Формирование методологии управления качеством литого металла на этой стадии в основе системного подхода целесообразно начать с выбора методов для внепечной обработки расплава, акцентируя внимание на проблемах, которые могут при этом возникать.

Цель данной работы – в общей постановке выделить систему признаков, которые необходимо учитывать при выборе методов внепечной обработки расплава.

Характеристика объекта исследований. При выборе метода внепечной обработки расплава на стадии принятия проектных решений можно выделить самые общие признаки как совокупность технических и технологических факторов, объединенных подсистемой «стабильность-надежность-эффективность». В этом случае под *стабильностью* можно понимать получение конечного результата в заданных пределах изменения характеристик качества литого металла от обработки к обработке. Важным аспектом здесь является соотношение показателей стабильности при обработке как единичных порций, так и партий продукции. Как правило, первый случай характеризует исследовательскую стадию при разработке новых методов обработки, а последний – реальные условия их

применения в производстве. В работе [6] эти вопросы обсуждались нами применительно к методологии сравнительной оценки показателей успешности обработки для условий массового литейного производства. Под *надежностью* метода внепечной обработки можно понимать как вероятность безотказной работы реализующих его технических средств, так и способность выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, которые соответствуют заданным режимам и условиям пользования, обслуживания и ремонта, хранения и транспортировки [7]. К сожалению, применительно ко вновь разрабатываемым инновациям этот важный вопрос в комплексной постановке в специализированных изданиях обсуждается мало. *Эффективность*, по определению [8], более полно можно понимать как меру полноты реализации целенаправленного действия на расплав. В той или иной мере этот вопрос активно обсуждается многими специалистами в понимании эффективности как комплекса показателей качества литого металла, достигаемых в результате применения внепечных методов обработки расплава.

При структурировании подсистемы «стабильность-надежность-эффективность» необходимо также акцентировать внимание на том, что взаимосвязь между количеством и качеством отливок носит четко выраженный вероятностный характер. В этом случае, как отмечается в работе [3], нужно прибегать к соответствующим методам формализации таких характеристик, что ранее не учитывалось. Анализируя совокупность признаков подсистемы «стабильность-надежность-эффективность», сопоставив их с показателями возможных затрат, можно обосновать выбор метода внепечной обработки с точки зрения его потребителя, то есть производителя литой продукции. Разработчик метода, очевидно, должен рассматривать более полный набор признаков, характеризующий новацию. Такая более полная обобщенная система, включающая, в том числе, триаду «стабильность-надежность-эффективность», может быть структурирована с учетом комплекса проблем, определяемых как при принятии проектных решений, так и при выборе методологии построения системы управления качеством. На рисунке представлен один из возможных вариантов такой системы применительно к широко используемому сегодня в литейном производстве методам внешнего физического воздействия на расплав (МФВР). Безусловно, предложенная система не является всеобъемлющей и однозначно структурированной. Основное ее назначение – выделить многофакторность проблем, связанных с проектированием и эксплуатацией

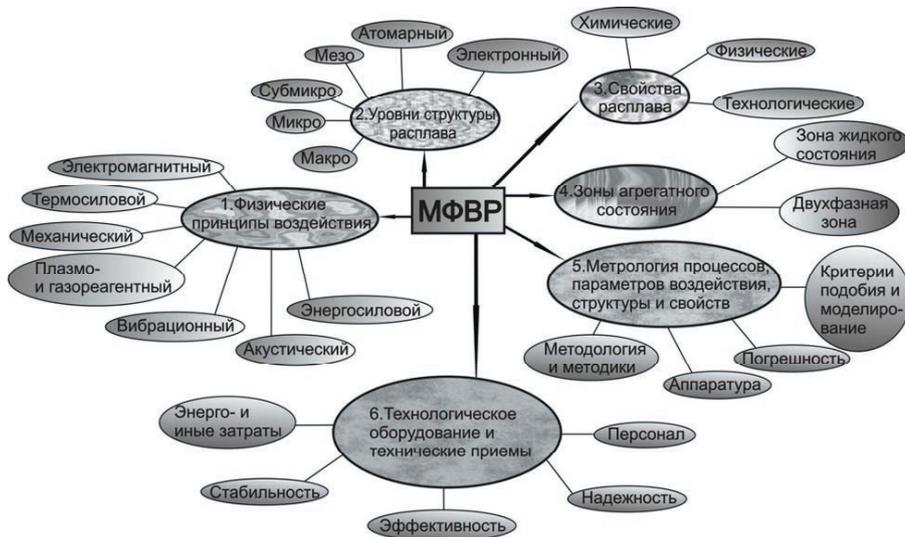


Рис. Обобщенная система признаков для выбора МФВР

МФВР, а также с принятием управленческих решений. Сделаем некоторые пояснения.

Подсистема 1 представляет собой классификацию физических принципов воздействия, на которых основаны МФВР. Такую классификацию нужно рассматривать как низший уровень систематизации. При этом априори мы подразумеваем, что каждый из упомянутых принципов обуславливает функциональные возможности МФВР генерировать в расплаве комплекс физико-химических процессов, приводящих к изменению его структуры и свойств. В этом случае необходимо выделить ключевые, значащие параметры воздействия, которые можно назвать внешними структуро-формирующими параметрами (ВСФП) и которые обеспечивают внутренние структурно-кинетические и фазовые изменения (ВСКФИ) в обрабатываемом металле. Для упрощения задачи их количество нужно минимизировать, прибегая к построению комплексных, интегральных ВСФП.

Качественно новым пониманием взаимосвязи структуры и свойств расплава является структурирование *подсистемы 2* по шести уровням, характеризующим объект обработки, к которому применяются МФВР. В работе [9] было предложено выделить 5 таких уровней, свойственных системе структуры металла с иерархией: от макро- до атомарного уровня. На наш взгляд, эта система будет более правильной и полной, если отдельно выделять еще один – электронный уровень структуры металла, который, как известно, характеризует электромагнитные процессы и процессы переноса. Предложенные уровни структуры отличаются на порядки по линейным масштабам и могут быть логично представлены системой с иерархией, для которой обозначается уровень высшего порядка, принимающий решения. Как отмечалось в работе [9], для достижения максимального эффекта

воздействия МФВР должны обеспечивать структурные изменения на всех уровнях в металле.

Подсистема 3 логично дополняет подсистемы 1 и 2 в рамках триады «технология-структура-свойства», структуризация и изучение которой позволяют определить оптимальную взаимосвязь ВСФП методов обработки и ВСКФИ в объекте обработки. Эта взаимосвязь в работах многих авторов выступает, зачастую, основной при определении отдельных показателей эффективности и стабильности методов воздействия. Кроме того, формирование литого металла происходит через совокупность

пространственно-сопряженных процессов различной физико-химической природы. Поэтому в триаде «технология-структура-свойства» необходимо учитывать и временные масштабы процессов, которые также могут быть структурированы системой с иерархией [10]. Определив ее иерархические признаки, при выборе методологии формализации передачи информации по каналам или (и) шлюзам системы нужно учитывать, что для разных иерархических уровней должны существовать разные определяющие параметры.

Введение *подсистемы 4* акцентирует внимание на функциональных возможностях МФВР осуществлять обработку металла в разных температурных интервалах и фазовых состояниях. Работы последних лет свидетельствуют об активном развитии представлений о существенном модифицировании металла, полученного методами литья из двухфазной зоны (реолитье, тиксолитье, суспензионное литье). Такие идеи начали развиваться после пионерной работы [11], в которой использован энергосиловой принцип сдвигового нагружения металла в двухфазной зоне с последующим медленным его охлаждением, а фундаментальные представления об использовании энергосилового воздействия на расплав в двухфазной зоне, как известно, описаны работами М. Флеминга. Другой фундаментальный подход изложен в работе [12], положения которого оправдывают обработку расплава, начиная с жидкого состояния. Они базируются на детализированных представлениях о температурных зонах, начиная с квазидвухфазной надликвидусной зоны, где применение МФВР может быть связано с воздействием на кластерную структуру расплава, до температурной зоны, в которой образуется сплошной твердый каркас и оказывается влияние не-

посредственно на зарождающиеся и растущие кристаллы.

Подсистема 5 имеет важное значение при сборе и систематизации экспериментальных данных на стадии исследований, проектных решений и в процессе промышленного использования МФВР. Последнее обстоятельство приобрело особую актуальность в связи с повышением требований к уровню сервиса современных наукоемких технологий [13], так как технология должна не только обеспечивать требуемый результат, но и репрезентативно его представлять в реальном масштабе времени. Заметим, что работы, связанные с набором экспериментальных данных в рамках подсистемы 5, должны учитывать то обстоятельство, что соотношение точности и успешности измерений в лаборатории и промышленных условиях может быть существенно разным.

И, наконец, *подсистема 6* охватывает основные проблемы реализации МФВР в действующем литейном производстве с помощью соответствующего модульного оборудования. Здесь ранее рассмотренная триада технических и технологических характеристик «стабильность-надежность-эффективность» дополнена отдельным выделенным комплексом экономических проблем, возникающих при освоении и использовании метода. Кроме того, отдельным блоком выделена, так называемая, проблема персонала [3, 14], который должен обладать определенным набором общих и специальных знаний, уметь планировать, эксплуатировать оборудование, вести надзор и испытания, определять приоритеты и устанавливать несоответствия.

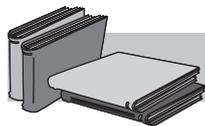
Анализ и обсуждение предложенной системы. Прагматизм предложенной системы связан с ее многовекторностью, а значит – со сложностью ее комплексного исследования. Задача упростится в случае, если обеспечить изложенные в [4] следующие условия системных принципов управления:

- определить причины и цели управления;
- определить функции управления;
- определить подцели и ввести принципы их совместимости для достижения цели.

В случае же построения системы контроля или экспертной системы не нужно знание всего механизма. По мнению авторов работы [15], здесь можно ограничиться отдельными, интересующими нас подсистемами. Кроме того, адаптация предложенной системы к определенному МФВР может также существенно сократить ее наполненность и структурировать ее с точностью до определения цели и подцелей.

Выводы

Применение системного подхода для управления качеством литого металла связано с выбором совокупности методологических способов системного моделирования для отдельно описанных подсистемных проблем, решение которых позволяет достигнуть заданных подцелей. Для интегральной системы «шихта-расплав-отливка» отдельные подсистемы целесообразно структурировать применительно к этапам литейного цикла, разделенным во времени и территориально. Систему методов и средств обеспечения, мониторинга и управления качеством литого металла также целесообразно рассматривать фрагментарно, начиная от стадии принятия проектных решений, до стадии, на которой формируется система продажи литой продукции. Многообразие методов, применяемых на различных этапах литейного цикла, также оправдывает подход, связанный с выделением их в отдельные группы, объединенные, например, физическим принципом воздействия на объект обработки. В этом случае более четко можно формулировать управленческие решения. В данной работе сделано описание системы проблем, которые могут быть положены в основу такого решения при выборе методов внешней физической обработки расплава.



ЛИТЕРАТУРА

1. Найдек В. Л. Процессы внеагрегатной обработки металлических расплавов массового назначения // Сучасне матеріалознавство XXI ст. – Киев: Наук. думка, 1998. – С. 133-154.
2. Пономаренко О. И. Оптимизация технологических решений для цехов литейного производства. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – 320 с.
3. Шинский О. И., Шевчук Б. М., Шинский И. О., Кравченко В. Н. Методы и средства оперативного мониторинга и управления качеством литейного производства // Металл и литье Украины. – 2009. – № 4-5. – С. 311.
4. Цуркин В. Н. Концепции управления качеством литого металла // Там же. – 2008. – № 9. – С. 20-23.
5. Месарович М., Мако Д., Такахара Я. Теория иерархических многоуровневых систем: Пер. с англ. / Под ред. И. Ф. Шахнова. – М.: Мир, 1973. – 380 с.
6. Цуркин В. Н., Синчук А. В. Показатели успешности использования способов внепечной обработки // Металлургия машиностроения. – 2004. – № 3. – С. 10-14.
7. Качур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем: Пер. с англ. / Под ред. И. А. Ушакова. – М.: Мир, 1980. – 604 с.
8. Толковый словарь по химии и химической технологии. Основные термины / С. М. Борисов, Б. Е. Восторгов, Л. Я. Герцберг. – М.: Русск. язык, 1987. – 528 с.

9. Гуляев Б. Б., Пряхин В. И., Колокольцев В. М. Иерархия структур и механические свойства литой стали // Литейн. пр-во. – 1986. – № 10. – С. 9-12.
10. Голенко П. К., Голод В. М. Системный анализ литейных процессов // Там же. – 1989. – № 10. – С. 4-7.
11. Spenser D. Thesis Massachusetts Institute of Technology. – Cambridge: MA, 1971.
12. Борисов Г. П. Наследственность теплосилового воздействия на расплав в области квазидвухфазного состояния // Литейн. пр-во. – 1991. – № 4. – С. 6-8.
13. Суїні Ю. Управління і комерціалізація інтелектуальної власності в університетах та дослідницьких центрах // Інтелектуальна власність. – 2006. – № 2. – С. 32-38.
14. Марченко А. Е. Технология как объект и инструмент менеджмента качества в производстве сварочных электродов // Автоматическая сварка. – 2005. – № 12. – С. 33-41.
15. Згуровский М. З., Панкратова Н. Д. Системный анализ. Проблемы, методология, приложения. – Киев: Наук. думка, 2005. – 743 с.

Summary

V. Tsurkin

Principles of the system approach to choose methods of out furnace treatment of melt

Within the limits of representation about methodology of structurization of the control system of cast metal quality in the general statement, the system of features characterizing the problem to the choice of technological methods of out furnace treatment of melt based on physical principles of influence on a metal is offered and analyzed.

Анотація

В. М. Цуркін

Принципи системного підходу до вибору методів позапічної обробки розплаву

В рамках уявлень про методологію структурування системи керування якістю литого металу у загальній постановці запропоновано та проаналізовано систему ознак, які характеризують проблему вибору методів позапічної обробки розплаву, заснованих на зовнішньому фізичному впливі на метал.

Ключевые слова

Внепечная обработка расплава, система качества, классификация признаков, стабильность, надежность, эффективность

УДК 621.744

В. С. Дорошенко, О. И. Шинский (ФТИМС НАНУ)*

Литье в оболочковые формы, полученные пропиткой сухого песка связующим

Отечественная научно-техническая формовочная традиция общеизвестна среди литейщиков. Ее составляют работы таких видных ученых в области теории и технологии литейной формы как С. П. Дорошенко, А. М. Петриченко, А. Н. Цибрик, А. С. Лакеев, Ф. Д. Оболенцев и др. Их наследие дает нам понимание того, что этот раздел науки о литье представляется не как набор связанных между собой сведений,

Во ФТИМС НАНУ предложен новый способ получения оболочковых форм. Приведен пример его применения при изготовлении отливки шестерни. Построенные по результатам экспериментов графики потери массы вакуумируемой песчаной формы в течение времени таяния и впитывания в песок ледяной модели с подсушкой формы около 1 мин показывают уменьшение массы продуктов модели на 45 %. Получение описанной оболочковой формы занимает до 20 мин, включая операции нанесения на ледяную модель покрытия, засыпки и виброуплотнения песка, плавления модели при вакуумировании песка, подсушки полости формы потоком теплого воздуха, высыпания песка из опоки. В песок формы вводили около 0,3 % связующего

* Экспериментальную часть работы и изготовление отливок выполнил Ю. Н. Иванов