

распределительная коробка; 10 – подина; 11 – затвор для периодической выгрузки огарка; 12 – накопительная камера; 13 – окно выгрузки; 14 – корпус печи; 15 – патрубок для удаления технологических газов из рабочего пространства; 16 – свод купольной формы; 17 – пояс дожигания

Печи кипящего слоя являются агрегатами непрерывного действия с неизменным во времени температурным режимом. Температура играет существенную роль в организации процесса обжига. При обжиге медных концентратов температуру следует поддерживать в пределах 850–900 °С; при переработке медно-цинковых концентратов температурный интервал составляет 910–980 °С; при обжиге цинковых концентратов температура должна быть в пределах 930–1000 °С, а в некоторых случаях ее даже увеличивают до 1080–1120 °С. При недостаточно высокой температуре обжиг происходит очень медленно, а при слишком высокой может произойти оплавление материала, что приводит к спеканию отдельных частиц и в конце концов к разрушению кипящего слоя. Особое внимание в учебном пособии уделено конструкции наиболее важного и ответственного конструктивного элемента печи – подине, которая должна обеспечить равномерную по всему сечению слоя подачу дутья и полное исключение возможности просыпания мелких кусочков концентрата в воздухораспределительные коробки. Подробно авторами рассмотрены принципы конструирования рабочего пространства печи, от формы и размеров которого в значительной степени зависит пылевынос, особенно при переработке мелких фракций. Даны характеристики системы загрузки исходных материалов и выгрузки готового продукта. Описана конструкция и работа холодильников. Благодаря учебному пособию студенты смогут ознакомиться с особенностями пуска печей кипящего слоя для обжига сульфидных материалов, оценить их достоинства и недостатки. Одним из основных разделов учебного пособия является описание методики расчета печи для обжига цинковых концентратов. Дело в том, что в последние годы в медеплавильном производстве постепенно отказываются от использования отражательных печей и переходят на использование печей Ванюкова, для которых предварительный обжиг медных концентратов не требуется. Сегодня печи кипящего слоя в основном используют в металлургии цинка. В одном из разделов учебного пособия рассмотрены проблемы и способы очистки отходящих газов от пыли.

В целом, как нам кажется, данное учебное пособие будет весьма полезным для студентов высших учебных заведений России при изучении ими специальных и теплотехнических курсов и особенно при выполнении курсового и дипломного проектирования.

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ ОАО «КУМЗ» С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА ПРИРОДНОГО ГАЗА**

**© В.А. Суровцев, Л.А. Зайнуллин, 2012**

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург*

Основные технологические приемы, используемые при плавке большинства алюминиевых сплавов, примерно одинаковы и не зависят от типа плавильного агрегата. Исключением являются сплавы, легированные большим количеством магния (5–10 %), а также жаропрочные и коррозионно-стойкие сплавы.

Процесс приготовления жидкого металла можно разделить на несколько этапов: пуск печи, подготовка и загрузка шихты, расплавление, и перегрев металла, рафинирование и в некоторых случаях модифицирование.

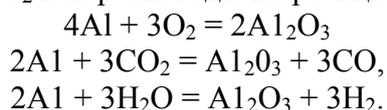
Пуск печи после капитального ремонта футеровки требует продолжительного и равномерного нагрева во избежание растрескивания футеровки. Эта операция во многом определяет длительность эксплуатации печи. Чем сложнее конструкция футеровки и больше ее габариты, тем продолжительнее должен быть период сушки и разогрева. Сушка футеровки индукционной тигельной печи продолжается обычно в течение нескольких суток. Газопламенные печи для плавки алюминия на ВАЗе сушат и разогревают около 30 сут., а продолжительность их бесперебойной работы после этого не менее семи лет.

Непросушенные футеровка и плавильный агрегат являются, кроме того, причиной газовой пористости в отливках. Шихта для плавки алюминиевых сплавов не должна быть влажной и загрязненной маслом, эмульсией, землей. Все компоненты шихты, вводимые в жидкий металл, должны быть нагреты до 150–200 °С во избежание выбросов металла. В состав шихты входят чушковый первичный алюминий и первичные литейные алюминиевые сплавы, возврат, лом и отходы. Тугоплавкие легирующие элементы, например никель, медь, марганец, титан, а также легкоокисляющиеся элементы вводят в виде лигатур с целью облегчения их растворения и уменьшения угара. Выплавку лигатур лучше всего проводить в индукционных тигельных печах.

Тугоплавкие лигатуры выплавляют в шамотно-графитовых тиглях. Плавку ведут под покровными флюсами. После расплавления и перегрева алюминия небольшими порциями вводят легирующую добавку. Расплав непрерывно перемешивают для более быстрого и равномерного расплавления добавки. В конце плавки проводят рафинирование.

Физико-химические особенности процесса. При рассмотрении технологии плавки алюминиевых сплавов наряду с общеизвестными физическими свойствами алюминия – низкой плотностью (2,7 т/м<sup>3</sup>) и сравнительно низкой температурой плавления (658 °С) следует отметить его высокую теплоемкость и скрытую теплоту плавления. Энтальпия жидкого алюминия при 700 °С сопоставима с энтальпией чугуна при 1250 °С (950 и 1050 кДж/кг соответственно). Удельное электрическое сопротивление расплава алюминия 0,24·10<sup>-6</sup> Ом, т.е. примерно в 6 раз ниже, чем расплава стали. Небольшая величина удельного электрического сопротивления алюминия уменьшает электрический КПД плавки в индукционных печах.

В зависимости от состава газовой фазы печи алюминий может вступать во взаимодействие с кислородом, СО<sub>2</sub> и парами воды по реакциям:



Оксидная пленка Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, образующаяся на поверхности металла, защищает его в дальнейшем от воздействия газовой фазы. Однако защитные свойства оксидной пленки могут меняться под воздействием различных материалов, применяемых во время плавки. Калий, натрий и другие щелочные и щелочноземельные металлы, а также цинк, гексахлорэтан (С2С16), фториды бора и кремния разрыхляют пленку, делая ее проницаемой для газов. Наоборот, бор, фтор и газообразные фториды уменьшают газопроницаемость пленки.

В результате взаимодействия алюминия с парами воды происходит не только его окисление, но и образование водорода, который легко растворяется в расплаве. Содержание водорода в перегретых сплавах алюминия на практике может достигать 3 см<sup>3</sup> на 100 г металла. В процессе кристаллизации растворимость водорода уменьшается в 10 раз, что приводит к образованию газовых раковин и пористости. Источниками образования паров воды, помимо продуктов сгорания топлива, могут являться влага кусков шихты и гигроскопичных флюсов, непросушенная футеровка печи и инструмент, применяемый при плавке, а также некоторые виды лигатур. Содержащиеся в алюминиевом сплаве Si уменьшают растворимость в нем водорода, а Mg, Ti, Li, Be, Na, Ca и Zr увеличивают.

Алюминий может взаимодействовать также с кремнеземом кислой футеровки, восстанавливая его, но развитие этой реакции сдерживается образованием оксидной пленки Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на поверхности зерен футеровки.

В настоящее время проводится работа над модернизацией системы отопления печи, емкостью 35 т, предназначенной для плавления алюминиевых сплавов на основе алюминия завода ОАО «КУМЗ» с целью снижения расхода природного газа.

Продукты сгорания из печи с температурой 1150 °С отводятся в рекуператор радиационного типа, где отдают часть тепла воздуху горения. При этом воздух горения нагревается до температуры 450–500 °С, температура уходящих из рекуператора дымовых газов при этом равняется 720–750 °С.

Для повышения эффективности использования топлива (природного газа) и снижения себестоимости продукции предполагается рекуперативную систему отопления заменить на регенеративную, т.е. вместе двух горелок и рекуператора установить два регенеративных горелочных блока с малогабаритными насадками. Это позволит повысить температуру подогрева воздуха до 850–900 °С, снизить температуру уходящих газов до 200–220 °С и сократить расход природного газа на 20–22 %. Существующая в настоящее время проблема заноса щелевого рекуператора решается в регенеративных насадках, путем периодической замены корундовых шаров с последующей их очисткой в обычном вращающемся барабане.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОНЫ ВТОРИЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В МНЛЗ

© И.А. Тёсова, С.И. Решетняк, 2012

*Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск*

Работа зоны вторичного охлаждения (ЗВО) оказывает существенное влияние на качество получаемого непрерывного слитка. При этом важную роль играют технические и эксплуатационные характеристики форсунок. Используемые устройства на машинах старого типа достаточно часто могут забиваться или полностью выходить из строя. Это приводит к значительному локальному разогреву на одной из граней слитка, что ухудшает качество и может вызывать скрытые дефекты. В настоящей работе исследовалось изменение состояния затвердевающего слитка при случайном выходе из строя одной или нескольких форсунок, что может оказывать существенное влияние на эффективность процесса [1].

С этой целью была разработана математическая модель процесса затвердевания слитка в МНЛЗ. Объектом исследования была выбрана криволинейная МНЛЗ № 2 ОАО «ДМК» им. Дзержинского. Технологическая длина составляет 33 м. Из них зона вторичного охлаждения имеет длину 6,5 м. На этой МНЛЗ разливают слитки размером 335×400 мм. Скорость разливки 0,65–1,2 м/мин. [2].

Температурное состояние затвердевающего слитка определяется уравнением теплопроводности, записанное для его поперечного сечения:

$$\rho C_{эф} \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \right),$$

где  $t$  – температура слитка;

$\rho, \lambda$  – плотность и теплопроводность стали;

$C_{эф}$  – эффективная теплоёмкость, которая находится по формуле:

$$C_{эф} = \begin{cases} C_S, & t < t_S; \\ C_S \psi + C_L (1 - \psi) + \frac{L}{t_L - t_S}, & t_S \leq t \leq t_L; \\ C_L, & t > t_L, \end{cases}$$

где  $L$  – теплота кристаллизации;

$C_S, C_L$  – теплоемкость твердой и жидкой стали;