

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КИСЛОРОДНОЙ ФУРМОЙ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

Миронов Д.Н. (dima.mironov.1997@mail.ru)

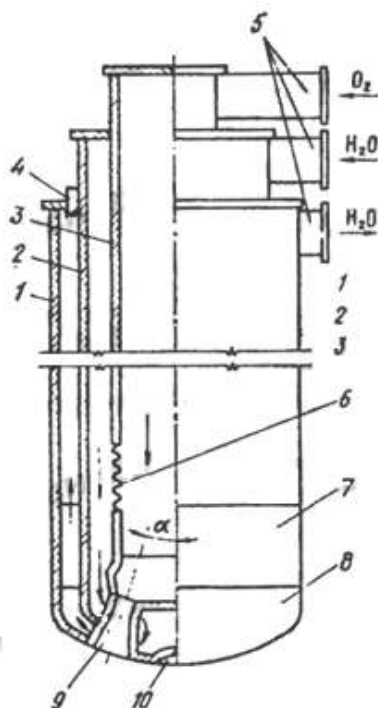
Научный руководитель – Суков С.Ф.

«Донецкий национальный технический университет», г.Донецк

Электросталеплавильный способ плавки занимает лидирующее место при производстве высококачественной и высоколегированной стали. Данный метод лучше других подходит для изготовления разной по составу высококачественной стали с низким содержанием фосфора, кислорода, серы и других вредных примесей и с большим количеством легирующих элементов, придающих стали различные особенные свойства.

Продувку ванны дуговой сталеплавильной печи (ДСП) кислородом осуществляют через водоохлаждаемую фурму, которую вводят через свод ДСП. Управление процессом плавки, как правило, ведут посредством изменения положения кислородной фурмы и поддержания необходимого давления кислорода. В данной работе в качестве объекта анализа и управления выступает кислородная фурма ДСП, конструкция которой приведена на рисунке 1.

В состав кислородной водоохлаждаемой фурмы входят следующие элементы [1,2]: механизм вертикального перемещения трубопровод подачи кислорода; механизм подачи охлаждающей воды; механизм подачи кислорода; шкаф управления.



1-3 – стальные трубы; 4 – сальниковое уплотнение; 5 – патрубки для подачи кислорода и воды; 6 – компенсатор; 7 – сменная часть наружной трубы; 8 – медная головка; 9 – сопло; 10 – выемка

Рисунок 1 – Кислородная фурма ДСП с центральной подачей кислорода

Фурма выполнена из трех концентрично расположенных стальных труб и снабжена снизу медной головкой с концентрически расположенными соплами. Полости, образованные трубами, служат для подачи кислорода, подвода и отвода охлаждающей воды. Наибольшее распространение получили фурмы с центральной подачей кислорода (рис.1).

Головка фурмы является сменной, ее соединяют с трубами сваркой. В головке расположены сопла Лавалья, через которые кислород подается в рабочее пространство дуговой ста-

леплавильной печи, а также распределитель воды, направляющий ее вдоль охлаждаемой поверхности головки. Всю головку или ее нижнюю часть с соплами, обращенную к зоне наибольших (до 1800 °С) температур, выполняют из меди.

Положение кислородной фурмы относительно уровня металла в дуговой сталеплавильной печи, при расходе кислорода 80...130 м³/мин (до 150 м³/мин), устанавливают исходя из нормативов, определяемых содержанием углерода в ДСП, а также требуемой концентрацией углерода в стали. Для продувки используют кислород чистотой не ниже 99,5% с содержанием азота не более 0,15%. Давление кислорода перед фурмой должно быть не менее 1 ... 1,5 МПа.

Вода под давлением (0,6-1 МПа) подается в пространство между внутренней и средней трубами фурмы и удаляется из пространства между внешней и средней трубой, обеспечивая охлаждение фурмы. Номинальный расход воды на охлаждение кислородной фурмы 200...400 м³/ч [1,2].

Высоту фурмы над ванной можно изменять по ходу плавки. Поднимают и опускают кислородную фурму с помощью приводного механизма, сблокированного с механизмом перемещения свода ДСП. Скорость опускания и подъема фурмы находится в диапазоне 0,1...1 м/с. Кислородная фурма снабжена независимым электроприводом. Масса кислородной фурмы достигает 4 тонны, масса контргруза – 2,5 тонны. Максимальная скорость перемещения фурмы равна 1 м/с. При подходе фурмы к зеркалу металла (так называют поверхность жидкого металла) для её точной остановки на заданном уровне скорость опускания снижается до 0,2 м/с [1,2].

Нормальное функционирование кислородной фурмы определяется поддержанием требуемых параметров процесса подачи кислорода и процесса ее охлаждения. Процесс подачи кислорода в рабочее пространство ДСП характеризуется необходимым расходом кислорода на данном этапе плавки при поддержании требуемого его давления. Отклонение расхода и давления кислорода от требуемых значений приводит к повышению эксплуатационных затрат на процесс производства стали в ДСП или к ухудшению качества получаемой стали. При охлаждении фурмы необходимо изменять расход охлаждающей воды для поддержания требуемой разности температур на выходе и входе кислородной фурмы, что при относительно постоянной температуре охлаждающей воды на входе в фурму сводится к поддержанию заданной температуры охлаждающей воды на выходе из кислородной фурмы.

Выполненный выше анализ особенностей кислородной фурмы дуговой сталеплавильной печи позволил осуществить процесс ее формализации как объекта управления, в результате которого получена схема материальных потоков и информационных переменных (рис.2) для данного объекта управления.

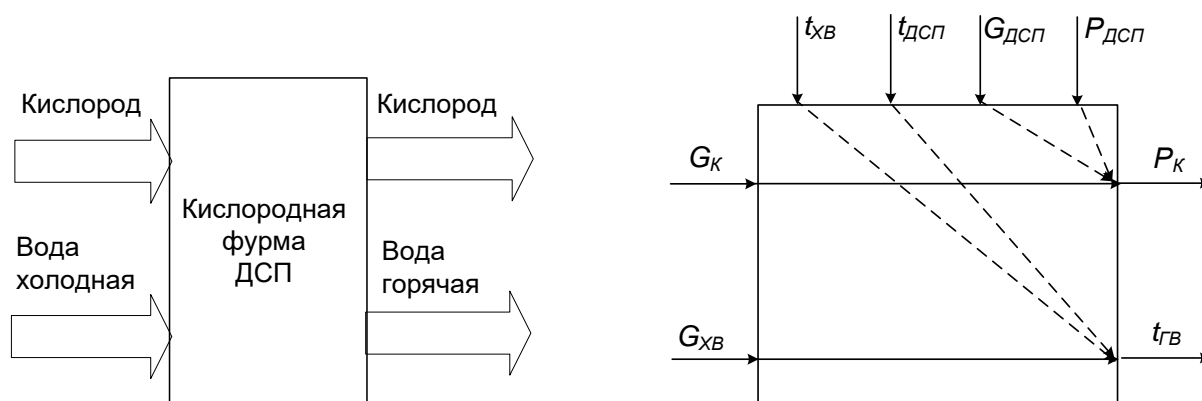


Рисунок 2 – Схема материальных потоков и информационных переменных кислородной фурмы дуговой сталеплавильной печи

Основными управляемыми переменными, которые определяют эффективность функционирования кислородной фурмы дуговой сталеплавильной печи, являются (рис.2):

- давление кислорода на входе в кислородную фурму, P_K ;
- температура горячей воды на выходе из кислородной фурмы, $t_{ГВ}$.

Необходимое изменение управляемых переменных – P_K и $t_{ГВ}$ в САУ кислородной фурмой ДСП осуществляется за счет использования управляющих воздействий (рис.2):

- расход кислорода на входе кислородной фурмы G_K – позволяет необходимым образом воздействовать на давление кислорода P_K ;
- расход холодной воды на входе в кислородную фурму $G_{ХВ}$ – позволяет необходимым образом воздействовать на температуру воды на выходе кислородной фурмы $t_{ГВ}$.

На рассматриваемый объект управления – кислородную фурму дуговой сталеплавильной печи оказывают влияние следующие возмущающие воздействия (рис.2):

- температура холодной воды на входе в кислородную фурму $t_{ХВ}$ – оказывает возмущающее воздействие на управляемую переменную $t_{ГВ}$;
- температура в рабочем пространстве дуговой сталеплавильной печи $t_{ДСП}$ – оказывает возмущающее воздействие на управляемую переменную $t_{ГВ}$;
- расход кислорода, потребляемый в рабочем пространстве дуговой сталеплавильной печи $G_{ДСП}$ – оказывает возмущающее воздействие на управляемую переменную P_K ;
- давление в рабочем пространстве дуговой сталеплавильной печи $P_{ДСП}$ – оказывает возмущающее воздействие на управляемую переменную P_K .

В объекте отсутствуют перекрестные связи между управляемыми переменными, поэтому разрабатываемая САУ параметрами кислородной фурмы дуговой сталеплавильной печи может быть представлена как совокупность двух независимых систем с одной управляемой переменной. В использовании многосвязанной САУ параметрами кислородной фурмы дуговой сталеплавильной печи в данном случае нет необходимости.

Достаточно часто для построения несложных систем автоматического управления простыми объектами или реализации отдельных контуров управления элементами сложных объектов применяется типовая одноконтурная структура (рис.3), которая реализует принцип управления по отклонению или принцип обратной связи [3].

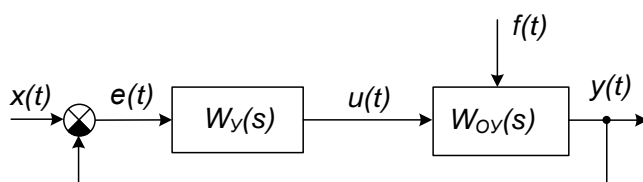


Рисунок 3 – Структурная схема типовой одноконтурной САУ

Согласно принципу обратной связи (рис.3), информация о текущем значении управляемой величины $y(t)$ через главную обратную связь подается на вход системы, где сравнивается с задающим воздействием $x(t)$ и по результатам сравнения на основании величины сигнала ошибки $e(t)$ и реализации алгоритма управления вырабатывается управляющее воздействие $u(t)$. В данной концепции построения САУ управляемая величина $u(t)$ является функцией задающего воздействия $x(t)$ и управляемой величины $y(t)$.

В системах, работающих по принципу обратной связи (рис.3), происходит автоматическая компенсация влияния возмущающих воздействий без их непосредственного измерения и контроля [3]. К недостаткам принципа обратной связи можно отнести следующее: наличие обратной связи приводит к возникновению колебаний в системе, что иногда делает её неработоспособной; возникает проблема устойчивости САУ; инерционность системы – работа управляющего устройства начинается только после того, как возмущающее воздействие вызовет отклонение управляемой величины. Анализ состояния вопроса автоматизации кислородной фурмы ДСП показывает недостаточную эффективность применения данной структуры при управлении данным объектом. Таким образом, необходимо рассмотреть альтернативные варианты структурных схем САУ.

В каскадных или многоконтурных системах (рис.4) при управлении основной управляемой переменной в объекте с большой инерционностью достаточно часто используются вспомогательные переменные, реакция которых на изменение основных возмущений объекта и управляющего воздействия имеет меньшую инерционность. В таких случаях стабилизация вспомогательных переменных позволяет получить более качественное управление основной управляемой переменной [3].

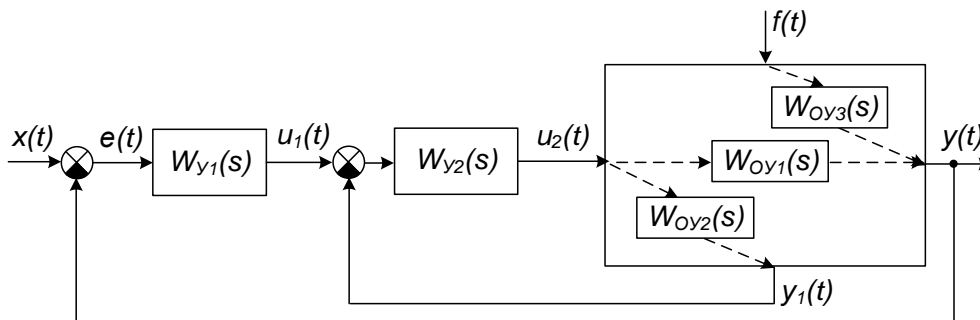


Рисунок 4 – Структурная схема многоконтурной САУ

Простейшим случаем каскадной многоконтурной системы автоматического управления является каскадная двухконтурная САУ (рис.4), которая состоит из основного (внешнего) контура управления и дополнительного (внутреннего) контура управления, как бы вложенного в основной. При этом САУ содержит два регулятора – основной (внешний) регулятор $W_{y1}(s)$, служащий для стабилизации основной технологической управляемой переменной объекта $y(t)$, и дополнительный (внутренний) регулятор $W_{y2}(s)$, предназначенный для управления дополнительной технологической переменной $y_1(t)$ (рис.4) [3].

При автоматизации управления рассматриваемым объектом – кислородной фурмой ДСП применение такой структуры возможно для ряда контуров управления – САУ температурой кислородной фурмы, САУ давлением кислорода перед фурмой. В САУ температурой кислородной фурмы промежуточной переменной, по которой необходимо реализовать дополнительный внутренний контур управления является расход холодной воды на входе в кислородную фурму $G_{XB}(t)$. В САУ давлением кислорода фурмы промежуточной переменной, по которой необходимо реализовать дополнительный внутренний контур управления является расход кислорода на выходе задвижки $G_K(t)$.

При наличии в САУ контролируемых возмущений возможна реализация комбинированного принципа построения САУ [3], структурная схема которого приведена на рис.5.

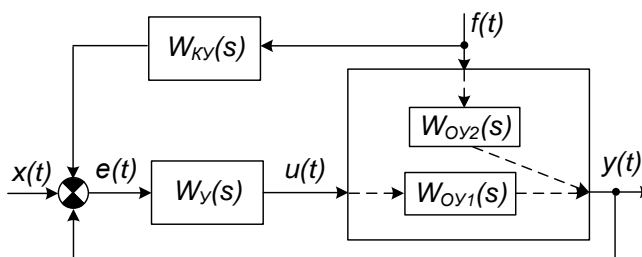


Рисунок 5 – Структурная схема комбинированной САУ

В данной концепции построения САУ управляющее воздействие $u(t)$ формируется на основании текущей информации о значении задающего $x(t)$, возмущающего $f(t)$ воздействий и управляемой переменной $y(t)$. Это позволяет полностью компенсировать влияние рассматриваемого возмущения $f(t)$ еще до того, как оно проявится на выходе объекта, а также повысить точность управления в динамических и статических режимах работы.

Из рассматриваемых контуров управления в САУ элементами ДСП возможность реализации управления по возмущению может быть реализована только для САУ охлаждением кислородной фурмы, поскольку основное возмущение – температура в рабочей области ДСП $t_{ДСП}(t)$ измеряется и может непрерывно контролироваться.

Таким образом, для повышения эффективности и достижения требуемого качества управления, предлагается следующая реализация рассматриваемых САУ параметрами кислородной фурмы ДСП:

- для САУ температурой кислородной фурмы выбрана двухконтурная структура САУ с отдельным компенсационным каналом по основному возмущению – температуре в рабочей области ДСП $t_{ДСП}(t)$; внешний контур управления температурой горячей воды на выходе из фурмы $t_{ГВ}(t)$ и внутренний дополнительный контур управления расходом холодной воды $G_{ХВ}(t)$;

- для САУ давлением кислорода перед кислородной фурмой выбрана двухконтурная структура САУ с внешним контуром управления давлением кислорода $P_K(t)$ и внутренним дополнительным контуром управления расходом кислорода $G_K(t)$.

С учетом вышеизложенного, схема концепции построения САУ параметрами кислородной фурмы ДСП приведена на рисунке 6.

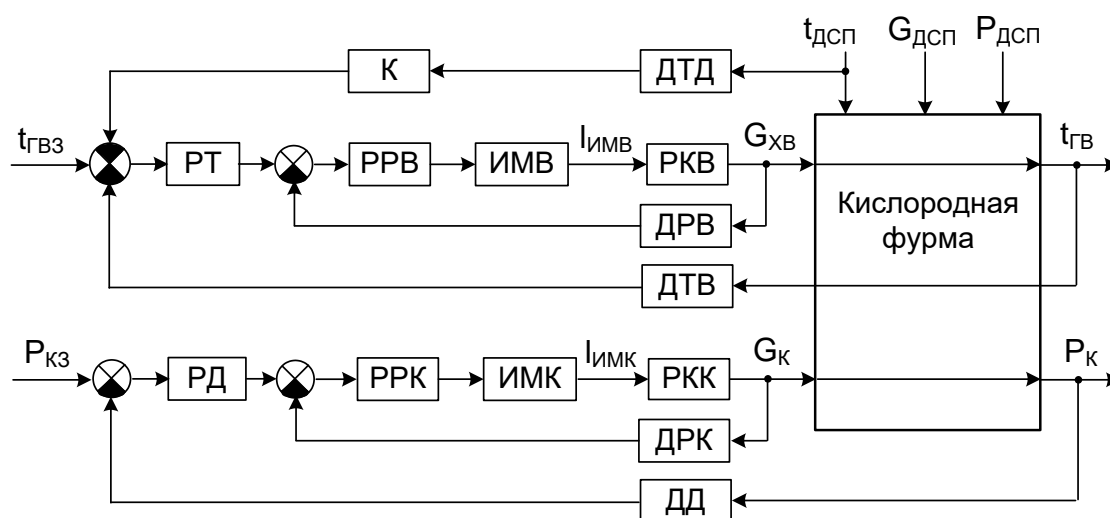


Рисунок 6 – Схема концепции построения САУ параметрами кислородной фурмы ДСП

В состав двухконтурной комбинированной САУ температурой кислородной фурмы входят следующие элементы (рис.6): регулятор расхода воды РРВ, исполнительный механизм ИМВ и регулирующий клапан воды РКВ, датчик расхода воды ДРВ, регулятор температуры РТ и датчик температуры горячей воды на выходе фурмы, компенсатор возмущения К и датчик температуры в рабочем пространстве ДТД.

В состав двухконтурной САУ давлением кислорода входят следующие элементы (рис.6): регулятор расхода кислорода РРК, исполнительный механизм ИМК и регулирующий клапан РКК кислорода, датчик расхода кислорода ДРК, регулятор давления кислорода РД и датчик давления кислорода ДД.

Библиографический список:

1. Марков, Н.А. Электрические печи и режимы дуговых электропечных установок. / Н.А. Марков. – М.: Энергия, 2003. – 204 с.
2. Огороков, Н. В. Электроплавильные печи черной металлургии. / Н.В.Огороков – М.: Металлургия, 2005. – 220 с.
3. Лукас, В. А. Теория управления техническими системами. Компактный учебный курс для вузов / В.А. Лукас. - 3-е изд., перераб. и доп. - Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. - 675с.: ил.