

УДК 621.181

## ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ШИХТЫ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТАХ МЕТОДОМ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Ивлев А.В.

Научный руководитель – доцент Скуратова С.Д.  
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

В настоящее время характерно интенсивное проникновение кибернетических методов в практику управления высокотемпературными теплотехнологическими процессами, в том числе и в практику управления процессами литейного производства. При таком подходе отливки и производственный процесс литейного цеха рассматриваются как объект управления. Управление свойствами отливки и производственным процессом ее получения является с древнейших времен основной задачей литейщика. Однако благодаря широкому применению ЭВМ кибернетические методы позволяют решать задачу на более высоком уровне.

Кибернетические методы позволяют решать задачу управления свойствами отливки и производственным процессом с использованием методов оптимизации. По используемому математическому аппарату методы оптимизации можно разделить на следующие: вариационное исчисление, принцип максимума Понтрягина, динамическое программирование, градиентные методы оптимизации, методы случайного поиска, линейное, нелинейное и целочисленное программирование. При этом в последнее время все большее распространение получает симплексный метод, в центре которого находится понятие симплекса.

Как известно, симплексом называется простейшая выпуклая геометрическая фигура, образованная множеством  $(k + 1)$  называемых точек в  $k$  – мерном пространстве и обладающая минимальным количеством вершин. Вершинами называются точки, образующие симплекс. В пространстве нулевой размерности симплекс представляет собой точку, в пространстве размерности 1, представляющем собой прямую, – отрезок, в двумерном пространстве – треугольник, в трехмерном – треугольную пирамиду, в пространстве размерности 4 и выше симплекс представляет собой гиперпирамиду. Симплекс называется регулярным, если расстояние между его вершинами равны, в двумерном пространстве регулярный симплекс представляет собой равносторонний треугольник, в трехмерном пространстве – тетраэдр, в четырехмерном и выше – гипертетраэдр.

При оптимизации используется основное свойство симплекса – из любого симплекса можно, отбросив одну из вершин и используя оставшуюся грань, получить новый симплекс, добавив всего одну точку. Поиск оптимума симплекс – методом осуществляется последовательным перемещением симплексов с помощью зеркального отражения вершин, имеющих «наихудшее» значение параметра оптимизации.

При расчете оптимального химического состава сплава улучшается задачи снижение себестоимости получения литых изделий, удовлетворяющих требованиям по химическому составу применяемых сплавов, использование в составе шихты дешевых многокомпонентных вторичных материалов.

Симплексный метод решения обеспечивает минимизацию целевой функции стоимости металлозавалки по заданным начальным условиям:

- химическому составу сплава;
- химическому составу компонентов шихты;
- угару элементов сплава;
- содержанию возврата.

Разработанная программа на языке «С++» позволяет производить расчеты оптимального состава шихты по минимальной стоимости. При этом необходима исходная информация, включающая в себя сведения о виде, количестве и стоимости исходных шихтовых материалов, их химическом составе, величинах, характеризующих изменение содержания элементов (угар или пригар) при плавке в печи, а также требования к химическому составу готового металла и ограничения на содержание отдельных компонентов в шихте.

Необходимы также данные, характеризующие изменение каждого элемента во всех составляющих шихты во время плавки. Как правило, при плавке содержание элементов уменьшается, то есть при расчете шихты учитывают угар, который упрощенно характеризуется средней цифрой для каждого элемента независимо от вида шихтового материала, в котором он находится. Более точно величина изменения каждого элемента зависит от физического состояния последнего, поэтому более точно величина угара и пригара каждого элемента зависит от вида шихтового материала, в котором он находится.

Для расчета оптимальной шихты необходимо задать требуемый химический состав металла по расчетным элементам и ограничения на состав шихты. Требуемый химический состав может быть задан в виде равенства, односторонних и двусторонних неравенств.

Кроме ограничений на содержание элементов, постановка задачи расчета оптимальной шихты включает в себя ограничения на количество отдельных компонентов в шихте.

Расчет оптимального состава шихты производился для выплавки серого чугуна СЧ20. Процесс решения заключался в том, что в качестве исходных данных использовалась симплекс таблица. При этом в рассчитанном составе шихты находится передельный чугун вместо литейного с компенсацией недостающего содержания кремния ферросилицием.

Численное изучение влияния угара кремния показало, что с увеличением величины угара кремния с 10 до 25 % стоимость оптимальной шихты увеличивается на 1 %, при этом увеличение стоимости шихты происходит за счет увеличения доли ферросилиция с 0,44 до 1,24 %.

Численные эксперименты по изучению влияния изменений требований на передельный чугун в пределах его содержания в шихте 10 – 20, 10 – 30, 10 – 40 % позволили выявить интересную особенность шихты, которая состояла в неизменности состава оптимальной шихты при изменении требований на содержание передельного чугуна в указанных пределах.

Эта особенность, состоящая в том, что при расширении возможностей использования передельного чугуна в шихте с 20 до 40 %, его содержание в оптимальной шихте не изменяется и остается равным 11,2 %, вызвана использованием в шихте относительно дешевого чугунного лома с высоким содержанием кремния. Этот пример показывает, что простое следование существующей тенденции держать в шихте для серого чугуна содержание передельного чугуна на верхнем пределе не всегда приводит к выбору наилучшего состава шихты и только на основе точного расчета можно получить оптимальные результаты.

Таким образом, использование полученных результатов в производстве позволит оптимизировать составы шихтовых материалов для приготовления в плавильной печи промышленных многокомпонентных литейных сплавов и существенно снизить стоимость готовой продукции.