

при которой реакция (3) находится в равновесии, имеет определенное значение. Эта температура называется температурой начала восстановления металла из оксида твердым углеродом ($T_{НВ}$). Восстановление происходит при условии $T > T_{НВ}$.

Целью настоящей работы являлись теоретические и экспериментальные исследования процесса восстановления металлов из оксидов твердым углеродом.

Для расчетов использовали метод, основанный на равенстве химического сродства восстанавливаемого металла к кислороду и углерода к кислороду.



При условии $\Delta G_{MeO}^0 = \Delta G_{C/CO}$

$$M_1 + N_1 T = M_2 + N_2 T, \text{ тогда } T_{НВ} = (M_2 - M_1) / (N_1 - N_2)$$

M_1, M_2, N_1, N_2 – коэффициенты, которые берутся из таблиц температурной зависимости ΔG^0 для соответствующих реакций.

Были рассчитаны температуры начала восстановления следующих металлов: меди, свинца, никеля, олова, хрома. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Расчетные значения $T_{НВ}$

Восстанавливаемый металл	Cu	Pb	Ni	Sn	Cr
$T_{НВ}, K$	360	650	750	1210	1600

На втором этапе работы проводилась экспериментальная проверка расчетного значения $T_{НВ}$. Установка для проведения опытов состояла из электрической печи, реакционной трубки, которая сообщалась с манометром, термопары и потенциометра. В лодочку на 2/3 высоты засыпалась смесь оксида и углерода (давался с избытком). Поддерживая равномерный нагрев печи (10-15 $^{\circ}C$ в минуту) через каждые 5 минут фиксировались показания манометра. Начало восстановления сопровождалось резким выделением газа CO.

Исследовали оксиды меди, никеля и олова. Установлено, что температура начала их восстановления углеродом близка к расчетным значениям и составляла соответственно 350, 740 и 1180 K.

Таким образом полученные теоретические и экспериментальные данные могут быть использованы при металлургической переработке отходов, содержащих соединения тяжелых цветных металлов.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЛЕГИРОВАНИЯ ВЫСОКОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ ЖЕЛЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

О.И. Федотенко, В.В. Павлович

Научный руководитель – к.т.н., доцент *А.Г. Слуцкий*
Белорусский национальный технический университет

Известно, что для достижения наибольшего эффекта по стабильности технологии плавки качественных высокоуглеродистых сплавов железа необходимо соблюдать последовательность и технологичность операций легирования. Например, на стадии ковшевого легирования элементами с высокой температурой плавления имеет место неоднородность структуры в отливках. Кроме того использование ферросплавов и лигатур вводимых в жидкий металл при получении требуемого состава приводит к значительному расходу материала за счет более высокого угара. Практический интерес представляет исследование процесса плавки гильзового чугуна с одновременным легированием сплава за счет отходов и вторичных материалов.

Известно, что цветные металлы в значительной части отходов содержатся в виде соединений, что требует разработки технологии легирования железоуглеродистых сплавов.

На первом этапе работы были проведены термодинамические расчеты условий протекания восстановительных процессов. Известно, что углерод обладает значительным сродством к кислороду в зависимости от концентрации и температуры и в процессе плавки высокоуглеродистых сплавов возможно его взаимодействие с оксидами металлов. Для расчета уравнений, описывающих восстановление оксида растворенным в сплаве углеродом необходимо знание константы равновесия реакции, а также формулы оксида.

За стандартное состояние принимался 1% идеальный разбавленный раствор, а для шлака – состояние чистых оксидов. Реакции взаимодействия рассчитывались с учетом фазовых переходов из чистого состояния в раствор железа. Проведены расчеты констант равновесия реакция взаимодействия ряда оксидов с углеродом чугуна заданного состава для двух температур (1473 и 1873 К).

Анализ расчетных значений распределения легирующих элементов между металлом и шлаком показал, что такие металлы как никель, медь могут практически полностью восстанавливаться углеродом чугуна в процессе его плавки. На втором этапе работы были проведены лабораторные исследования процесса легирования чугуна медью через шлаковую фазу. В качестве легирующего материала использовались отработанные медьсодержащие катализаторы. Плавки осуществляли в печи сопротивления с использованием графито-шамотных тиглей. Отходы в измельченном виде вводились в состав твердой металлошхты в различных количествах.

В результате проведенных экспериментов установлено, что степень восстановления меди из оксидов зависит от величины добавки материала и составляет 75-85%. Полученные расчетные и экспериментальные данные подтверждают возможность эффективного легирования высокоуглеродистых сплавов железа медьсодержащими отходами.

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ НА СВОЙСТВА ЛИТОГО СПЛАВА

Ю.Н. Фасевич, Д.Л. Боцоха

Научный руководитель – к.т.н., доцент *Н.Ф. Невар*
Белорусский национальный технический университет

Одним из наиболее эффективных методов улучшения структуры литых сплавов, а следовательно и свойств – является влияние легирующих и модифицирующих элементов, в частности, таких как марганец, кремний, алюминий.

Как известно, в определенных количествах указанные элементы уже входят в состав различных сплавов, а также данный комплекс материалов применяется в плавильном производстве и как раскислитель.

Для установления характера влияния легирующих элементов на свойства литого сплава, упрочненного боридными фазами, их введение осуществлялось в количествах, обеспечивающих остаточное содержание их в сплаве до 2,1–2,3 %.

Исследование влияния легирования проводили на сплавах следующего состава, мас. %: С – 0,1–0,3 %; В – 2,1–2,8%; S и P не более 0,05%. В качестве шхты использовали техническое железо и борсодержащие компоненты — карбид бора (B_4C) и ферробор (ФБ). Легирующие элементы вводим в расплав перед вводом борсодержащего компонента.

Из опытов установлено, что марганец начинает проявлять свое действие на свойства сплава, при содержании 0,4–0,6%. В этом промежутке наблюдается рост значений твёрдости и ударной вязкости. Анализ опытных данных показал, что если при малых количествах вводимого марганца 0,1–0,2 %, твердость составляет 57–59 HRC.

Испытания образцов с размерами 10×10×55 мм без надреза (ГОСТ 9454-78) на ударную вязкость проводимое на маятниковом копре, показало также, некоторое увеличение значений данной характеристики. Так, при содержании 0,1–0,2% Mn, ударная вязкость составляет 0,15–0,22 кДж/м². Увеличение содержания марганца до 1% приводит к повышению значений ударной вязкости до 0,4 кДж/м².