

Кинетика легирования ваграночного чугуна за счет использования отработанных медно-магниевого катализаторов

Студент гр. 104119 Комарова Т.Д.
Научный руководитель – Проворова И.Б.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Чаще других элементов для легирования чугуна применяют медь, содержание которой в количестве около одного процента позволяет получить чугун марки СЧ25, себестоимость которого выше, чем нелегированного.

С целью снижения себестоимости можно использовать вторичные ресурсы, такие как отработанный медно-магниевый катализатор, который содержит (в процентах по массе): 87CuO ; $7,4\text{MgO}$; $2,6\text{Al}_2\text{O}_3$; $0,9\text{SiO}_2$ и $0,2\text{CaO}$.

Для изучения кинетики перехода меди из шлака в чугун проведена серия экспериментов, в ходе которых плавку осуществляли в лабораторной силитовой печи. В качестве шлаковых материалов использовали отработанный медно-магниевый катализатор ($87\% \text{CuO}$), ваграночный шлак ($41\% \text{CaO}$, $21\% \text{SiO}_2$, $11\% \text{MnO}_2$, $22\% \text{Fe}_2\text{O}_3$), мел, хлорид натрия и плавиковый шпат, которые предварительно прокалили и измельчили до размера частиц $0,1 - 0,2$ мм. В кварцевые тигли с внутренним диаметром $15,5$ мм помещали образцы чугуна, содержащего (% по массе) $3,2 \text{C}$, $2,5 \text{Si}$, $0,5 \text{Mn}$, $0,12 \text{Cr}$. Шлаковые

материалы и восстановитель (древесный уголь), смешивали из расчета 1 % содержания Cu в чугуна, при условии её полного восстановления и перехода в чугун. Смесь загружали сверху на навеску чугуна, после чего тигли устанавливали в разогретую до температуры $1450\text{ }^{\circ}\text{C}$ печь и выдерживали в течение 5, 10, 15 или 20 мин с момента окончания плавления чугуна в тигле. После выдержки в печи тигли извлекали, охлаждали, а затем проводили химический анализ сплава на содержание меди в различных по высоте участках.

В процессе проведения лабораторных плавок изучали влияние времени выдержки расплава в печи, основности шлака и количества затравки (чугунная стружка) на переход меди из шлака в металл.

Анализ полученных результатов показывает, что выдержка в течение 10 – 15 минут обеспечивает максимальный переход меди в чугун и её равномерное распределение по высоте. Дальнейшая выдержка расплава под шлаком приводит к обратному процессу в ходе которого, по видимому, медь окисляется на поверхности шлака кислородом атмосферы и происходит её обратный переход из металла в шлак. Выдержка в течение 5 минут недостаточна для диффузии меди в нижние слои слитка. Верхние слои насыщаются медью уже в процессе плавки и непродолжительной выдержки.

Время максимального перехода меди из шлака в чугун сопоставимо со временем нахождения расплава шлака и чугуна в горне вагранки.

Состав шлака и его вязкость оказывает влияние на коэффициент распределения меди между шлаком и металлом и скорость диффузионного переноса оксида меди в шлаке. Для проверки этого влияния в состав шлака дополнительно вводили 1,2; 3,6 и 4,8 % (от навески чугуна) смеси CaCO_3 и CaF_2 с соотношением 4:1. Анализ полученных результатов показывает, что увеличение основности шлака вначале положительно влияет на среднее содержание меди в слитке, а затем увеличение количества шлака и его вязкости снижает степень легирования чугуна через шлаковую фазу.

Кроме того, изучено влияние дополнительно введенной в состав шлаковой смеси затравки (чугунная стружка) на переход меди из шлаковой фазы в металл. Время выдержки расплава в печи во всех случаях было одинаковым (15 мин). Количество чугунной измельченной стружки, добавляемой в шлак, составило 3 % от массы слитка.

Анализ полученных результатов показывает, что введение затравки в состав шлаковой смеси приводит к ускорению перехода меди из шлака в металл. Это связано с уменьшением расстояния диффузии. Вместо диффузии к границе шлак — металл происходит диффузия к границе шлак - капли расплавленного в шлаке чугуна и дальнейшая седиментация капель с растворенной медью в расплав. Кроме того, капли чугуна осуществляют восстановление меди уже в шлаке.

Таким образом, установлено, что время выдержки расплава под слоем шлака существенно влияет на степень извлечения меди из медьсодержащих отходов. Превышение оптимально необходимой выдержки, приводит к обратному переходу меди из металла в шлак. Показано, что проведение процесса восстановления в шлаке и, особенно, в присутствии капель чугуна обеспечивает ускорение восстановления меди из оксида и её переход из шлака в расплав чугуна.