

Студенты: гр. 10405527 Саленко И.Б., Лисовский В.О., гр. 10405118 Величко В.В.
 Научные руководители – Немененок Б.М., Шейнерт В.А.
 Белорусский национальный технический университет
 г. Минск

Ранее выполненные исследования показали перспективность использования ванадийсодержащих отходов для легирования сплавов [1–3].

В лабораторных условиях были проведены исследования процесса обогащения ШМФ. Для этого бралась навеска исходного материала, которая подвергалась размолу на лабораторной мельнице в течении одного часа. Затем осуществляли рассев с целью разделения металлической и шлаковой фракции.

Установлено, что при размоле одного килограмма ШМФ на выходе получили 0,410 кг шлаковой фракции размером менее 0,4 мм и 0,580 кг металлической составляющей размером от 0,4 до 10 мм. На рисунках 1–2 представлены фотографии исходного материала и после размолы и отсева.



Рисунок 1 – Исходная шлакометаллическая фракция



а) – металлическая (0,4–10,0мм)



б) – дисперсная шлаковая (менее 0,4мм)

Рисунок 2 – После размолы и разделения на фракции

В химико-спектральной лаборатории МТФ провели исследования химического состава полученных фракций, результаты которых представлены в таблицах 1–2.

Таблица 1 – Химический состав металлической части ШМФ

№ п/п	C	Si	Mn	Cr	V	S	P
1	1,4	0,14	0,1	0,03	0,04	0,029	0,035

Видно, что металлическая часть содержит в своем составе основные элементы характерные для заэвтектоидной стали. Наряду с основными компонентами в материале присутствует в незначительных количествах хром и ванадий.

Таблица 2 – Химический состав шлаковой части ШМФ

№ п/п	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	V ₂ O ₅	TiO ₂	Cr ₂ O ₃
1	17,02	2,81	2,54	2,83	30,7	21,1	7,76	2,14

Выполненные термодинамические расчёты [3] подтвердили возможность эффективного восстановления ванадия твердым углеродом, алюминием и в процессе плавки железоуглеродистых сплавов. При этом рациональной технологией извлечения данного легирующего элемента из оксидной фазы в зависимости от его концентрации в исходном материале является внепечная металлотермия и легирование через шлаковую фазу.

Были проведены эксперименты на высокоскоростной индукционной печи по использованию металлической части ШМФ в качестве шихты при выплавке углеродистой стали и чугуна и получены положительные результаты. Что касается шлаковой части ШМФ, и дробеочистки котлов ТЭЦ, был апробирован вариант индукционной плавки чугуна и его легирование с использованием восстановительного брикет на их основе.

Выполненные расчеты показали, что брикет на основе шлака дробеочистки и порошка алюминия в определенных соотношениях позволяет максимально восстановить ванадий в процессе его взаимодействия с расплавом чугуна, что было подтверждено экспериментально.

Плавка чугуна осуществлялась в индукционной печи ИСТ–006. В качестве основной шихты использовали чугунный лом от кокильного литья 52кг.

В начале изготовили восстановительные брикеты размером 40 на 35 мм на основе шлака дробеочистки котлов ТЭЦ и восстановителя в виде стружки деформируемого сплава АД. В состав смеси дополнительно ввели 5% жидкого стекла. Шлак дробеочистки предварительно прокалили с целью максимального удаления серы. Общий вес смеси составил 0,66 кг из которой получили 9 брикетов. На рисунке 3 приведена фотография таких восстановительных брикетов.



Рисунок 3 – Восстановительные брикеты на основе ванадийсодержащих отходов

По расплавлению шихты залили пробы на отбел и химический состав, а также ступенчатую плиту для оценки твердости. Затем на зеркало перегретого чугуна постепенно вводили брикеты и вели наблюдение. Смесь брикетов воспламенялась с задержкой на прогрев и затем наблюдали бурный восстановительный процесс. По завершению процесса легирования также отливались пробы. Остальной чугун использовался для получения литой заготовки кокиля под алюминиевый сплав. Результаты исследований показали, что в чугун перешло 0,035% ванадия, это составляет порядка 58% от теоретически возможного.

По аналогичной методике проведены эксперименты по легированию чугуна ванадием при использовании в составе брикетов шлаковой части ШМФ. Установлена реальная возможность повышения уровня легирования ванадием за счет более его высокой концентрации в данных отходах.

Список использованных источников

1. Перспективы использования ванадийсодержащих отходов для легирования железоуглеродистых сплавов / А.Г. Слуцкий [и др.] // Материалы XV МНПК «Литье. Металлургия 2019». – Запорожье, 2019. – С. 188–189.
2. Исследование вариантов применения ванадийсодержащих отходов для легирования железоуглеродистых сплавов / Неменёнок Б.М. [и др.] // Сб. материалов 27-й МНТК «Литейное производство и металлургия 2019. Беларусь», г. Жлобин, 16-17 октября 2019 г. – С. 109–112.
3. Термодинамические особенности восстановления ванадия из соединений / Б. М. Неменёнок [и др.] // Металлургия: республиканский межведомственный сборник научных трудов / редкол.: И. А. Иванов (гл. ред) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2019. – Вып. 40. – С. 11–17.