

**В. Н. Костяков, Е. А. Ясинская**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

## **ПРЯМОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ВАНАДИЕМ ИЗ РАСПЛАВА ЗОЛЫ ТЭС**

Выплавка низколегированных и легированных сталей с использованием оксидных материалов основана на методе прямого легирования, который заключается в восстановлении оксидов легирующих элементов из шлаковой фазы в процессе плавки или в период разливки стали в ковш и внепечной обработке. При этом степень усвоения легирующего элемента определяется достигаемым коэффициентом распределения элемента между металлом и шлаком, а также кратностью шлака. Следует также отметить, что на степень усвоения легирующего элемента сталью, т. е. на коэффициент его распределения, существенное влияние оказывает окисленность шлака. Чем ниже активность железа в шлаке, тем коэффициент распределения для низколегированных сталей будет меньше.

Восстановление таких элементов, как W, Mo и Ni, имеющих сродство к кислороду ниже, чем железо, не вызывает затруднений и прямое легирование стали оксидными материалами на основе указанных элементов возможно в широком интервале активностей железа в печном шлаке.

В отличие от выше указанных элементов, показатели распределения V, Cr и Mn невелики при пониженной активности железа в шлаке, а степени усвоения ставлю при ограниченном количестве шлака в печи или ковше сравнительно высоки. Поэтому для обеспечения высокой степени усвоения легирующего элемента показатель его распределения и активность железа в шлаке необходимо снижать при увеличении количества шлака.

Таким образом, исследование физико-химических особенностей процессов восстановления и разработка технологии прямого легирования являются наиболее актуальными в первую очередь для ванадия, как одного из дорогих легирующих элементов.

В ФТИМС НАН Украины выполнены исследования особенностей легирования углеродистой стали ванадием из расплава золы ТЭС.

Шихтой служила углеродистая сталь следующего состава, массовая доля, %: 0,28 C; 0,32 Si; 0,35 Mn; 0,16 Ni; 0,23 Cr и зола ТЭС, содержащая, массовая до-

ля, %: 6,0 SiO<sub>2</sub>; 1,15 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 1,0 CaO; 0,15 TiO<sub>2</sub>; 2,91 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 30,18 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,013 MnO; 25,33 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Характерным для золы ТЭС является повышенное содержание оксида ванадия по сравнению с ванадиевым концентратом, составляющее 30,18 %.

Исследование поведения ванадия проведено при выплавке углеродистой стали в дуговой печи постоянного тока с основной и кислой футеровкой. Химический состав выплавленной стали приведен в таблице.

Таблица

Химический состав выплавленной стали

Расчетное содержание ванадия в стали, %	Содержание элементов, массовая доля %				
	C	Si	Mn	V	Cr
0,40	0,25*	0,31	0,29	0,32	0,15
	0,26**	0,29	0,26	0,24	0,12
0,04	0,26	0,30	0,25	0,03	0,15
	0,26	0,28	0,28	0,02	0,13

Примечание: \* кислая футеровка; \*\* основная футеровка.

Обращает на себя внимание более высокое содержание ванадия в стали, выплавленной в печи с кислой футеровкой. Это объясняется тем, что в кислой печи имеет место малая активность оксидов железа в кислом шлаке. Это обуславливает более полное восстановление оксидов ванадия, следствием чего является более высокое содержание ванадия в стали.

В заключение следует отметить, что прямое легирование стали ванадием из расплава ванадийсодержащих материалов позволяет исключить применение дорогого феррованадия. Это обеспечивает снижение себестоимости выплавленной стали.