

происходит изменение их валентного состояния, образование оксидов низшей валентности параллельно с взаимодействием с атмосферой и поверхностным окислением, т. е. происходит рост химического потенциала кислорода шлака ( $O^{2-}$ ).

Выполненные исследования взаимодействия фаз при жидкофазном восстановлении металлов при легировании чугуна и стали Cr, Ni, V позволили установить закономерности процесса и получить исходные данные для разработки технологии выплавки легированных сплавов.

Изучено поведение хрома при прямом легировании чугуна из оксидного расплава электросталеплавильного шлака, содержащего, % 28,36  $Cr_2O_3$ ; 3,94  $Al_2O_3$ ; 2,7  $Fe_2O_3$ ; 10,24 CaO; 9,6 MgO; 8,76 MnO.

Технология плавки включала ввод неокисленной смеси шлака - электродного боя – извести в ванну дуговой печи вместе с чугунным ломом. Расчетная величина добавок хрома (в оксидах) составляла 0,10; 0,25; 0,50; 1,0%.

Химический состав выплавленного чугуна четырех плавов был следующим, %: С 3,69-3,90; Si 0,52-0,79; Mn 0,81-0,96; Cr 0,09-0,90 (0,09; 0,22; 0,43; 0,90). Расчетное содержание хрома в чугуне, % 0,10-1,0 (0,10; 0,25; 0,50; 1,0). Эти данные подтверждают, что содержание хрома в чугуне всех плавов довольно близко к расчетному. А это значит, что при прямом легировании чугуна хромом из оксидного расплава достигается высокая стабильность химического состава чугуна по содержанию хрома.

В заключение следует отметить, что применение оксидных материалов для легирования чугуна экономически оправдано, а технология может быть реализована в условиях действующего производства.

УДК 621.745.5:66.046.5

**В. Н. Костяков, Е. А. Ясинская, Н. В. Кирьякова**

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

## **ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРЯМОГО ЛЕГИРОВАНИЯ СТАЛИ ИЗ ОКСИДНЫХ РАСПЛАВОВ**

Одной из перспективных технологий, обеспечивающей уменьшение энерго- и материалоемкости и минимальное загрязнение окружающей среды, является технология прямого легирования стали из оксидных материалов (руды, концен-

траты, шламы, шлаки, окалина и другие отходы производства, содержащие легирующие металлы).

В основу технологии прямого легирования стали из оксидных материалов положены следующие принципы.

Температура плавления оксидов, зависящая от их ионности, характеризует энергию связи Me-O и активность оксидов по отношению к восстановителю. Температура начала и скорость восстановления металлов, степень полезного использования восстановителя и полнота извлечения металлов зависят от температуры плавления смеси оксидов. Если система гетерогенна с большим интервалом  $t_{лик} - t_{сол}$ , по мере восстановления металлов происходит изменение их валентности параллельно с взаимодействием с атмосферой и поверхностным окислением, т. е. происходит рост химического потенциала кислорода шлака ( $O^{2-}$ ).

Низкая скорость реакции восстановления и взаимодействия с кислородом атмосферы снижает степень полезного использования восстановителя и степени извлечения металлов в гомогенном расплаве эвтектического типа с высокой начальной концентрацией  $O^{2-}$ .

Основываясь на научных предпосылках, в ФТИМС НАН Украины проведены исследования прямого легирования стали Ст.3 из оксидов металлов, содержащихся в гальваношлаках.

Химический состав выплавленных сплавов показан в таблице.

*Таблица*

**Химический состав сплавов**

№ п/п	Сплав	Содержание элементов, мас. %										
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Nb	W	Cu	S	P
1.	Ni13Cr2MoCu	0,6	1,3	0,2	2,0	13,0	0,5	0,1	0,3	0,7	-	-
2.	Ni8CuS2P2	2,16	0,87	0,20	-	7,84	-	-	-	0,3	1,99	1,56
3.	NiCu2Cr2SP	0,14	0,91	0,23	0,18	1,03	-	-	-	2,4	0,45	0,82

Выплавленные сплавы характеризуются наличием в их составе Cr, Ni, Cu, S, P. Повышенное содержание серы и фосфора объясняется тем, что их соединения являются составной частью электролитов и в результате протекания химических реакций выпадают в шлам.

Выполненные исследования позволили разработать технологию получения легированных чугуна и стали элементами, содержащимися в рудном сырье и образующихся отходах при производстве металлопродукции.

УДК 669.187.28:669.162.275

**В. Н. Костяков, Е. А. Ясинская, Н. В. Кирьякова**

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

## **ПОЛУЧЕНИЕ ЛИГАТУР И СПЛАВОВ ИЗ ОКСИДОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ**

Одним из перспективных направлений получения лигатур и сплавов из оксидосодержащих материалов является жидкофазная восстановительная плавка. Преимущества этой плавки подтверждены результатами многочисленных исследований.

В ФТИМС НАН Украины изучены особенности поведения фаз при жидкофазной плавке железорудного сырья, отработанных катализаторов, гальваношламов, металлургических шлаков и шламов, отходов ферросплавного производства и др., содержащих легирующие элементы в виде оксидов металла. Это позволило установить закономерности поведения углерода, железа, хрома, никеля, ванадия, серы и фосфора в процессе плавки.

Показано, что за счет высокой скорости протекания физико-химических процессов достигается высокий выход металлической основы из отходов до 32 % и степень восстановления легирующих элементов хрома, никеля и ванадия до 80-100 %.

Содержание серы в сплаве жидкофазной плавки снижается за счет перехода в шлак и газовую атмосферу. Полученные данные позволили разработать технологию получения лигатур из электросталеплавильного шлака и ванадиевого концентрата с содержанием хрома до 40 % и ванадия до 23 %.

Созданы технологические процессы получения шихтовой заготовки с различным содержанием легирующих элементов из отходов, образующихся в процессе производства металлопродукции в металлургии и машиностроении.

Эффективность разработанных технологий позволяет исключить применение дорогостоящих ферросплавов при производстве литья из легированных чугуна и стали.