

пользования вторичных материалов // *Металлург. и горноруд. промышленность*. – 2003. – № 2. – С. 147-151.

3. Алешин А.А., Остроушко А.В., Пустовалов Ю.Н. Рациональность в отвалы // *Металл.* – 2008. – № 7. – С. 50-52.

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

### **ЛЕГИРОВАНИЕ ЧУГУНА ХРОМОМ ИЗ ОКСИДНОГО РАСПЛАВА ШЛАКА**

Исследования последних лет, выполненные в ФТИМС НАН Украины, показали перспективность и эффективность технологии жидкофазного восстановления металлов из оксидных материалов. Выполненные исследования позволили более полно раскрыть механизм жидкофазного восстановления металлов и создать технологические основы получения сплавов.

Одним из направлений жидкофазного восстановления металлов является прямое легирование сплавов из оксидных расплавов.

Установлено, что состав легирующих смесей должен быть таким, чтобы образующийся шлак соответствовал составу рафинирующего шлака при выплавке стали. При одновременном восстановлении металлов и десульфуризирующей обработке стали образующимися шлаками чистота металла по неметаллическим включениям и его качество не хуже, чем в случае применения традиционных ферросплавов.

Научные предпосылки, положенные в основу технологии прямого легирования сплавов из оксидных материалов предусматривают, что наиболее низкая температура плавления в системе всегда соответствует компонентам с более низкой теплотой плавления. Так, например, в системах  $Fe_2O_3$ ,  $SiO_2$  и других оксидов металлов разной валентности эвтектический состав всегда ближе к оксидам трех- и четырехвалентных металлов, имеющих меньшую теплоту плавления на моль кислорода по сравнению с оксидами кальция.

Изменение температуры начала и скорость восстановления металлов, степень полезного использования восстановителя и полнота извлечения металлов зависит от температуры плавления смеси. В случае, например, гетерогенности системы с большим интервалом  $t_{ликв.} - t_{сол.}$  по мере восстановления металлов

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-