

ного охлаждения;

- розробки механізму впливу «м'якого» обтиску на формування макро-структури безперервнолитих заготовок;
- визначення кількості та місця прикладання зусиль обтиску (співвідношення між кількістю рідкої і твердої фаз в момент обтиску);
- визначення способів докладання зусиль до поверхні заготовки;
- дослідження якості безперервнолитих заготовок після «м'якого» обтиску і якості металопродукції з них;
- визначення взаємозв'язку технологічних параметрів безперервного розливання сталі з параметрами «м'якого» обтиску;
- розробки технології «м'якого» обтиску безперервнолитих заготовок на МБЛЗ.

УДК 669.15-198:669.017

*В. А. Гладких, В. Ф. Лысенко, А. В. Рубан*  
 Национальная металлургическая академия Украины,  
 Днепропетровск

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЦА, ТЕМПЕРАТУРНОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМОВ РАЗЛИВКИ НА КАЧЕСТВО СЛИТКА СПЛАВА**

В соответствии с действующим стандартом (ДСТУ 3548-97) и стандартом зарубежных стран, производящих марганцевые ферросплавы, базовое содержание ведущих элементов (марганца и кремния) в ферросиликомарганце составляет 82 %. По сложившейся практике выплавка сплава MnC17 на отечественных ферросплавных заводах осуществляется с содержанием кремния 17–18 % и марганца 72–74 %, т.е. с суммарным содержанием этих элементов 89–92 %. В связи с поставкой ферросиликомарганца сталеплавильным и фасонолитейным цехам во фракционированном виде в процессе дробления слитка ферросплава и последующем рассеве образуется значительное количество (10–15%) мелких некондиционных фракций – отсев фракционирования. Вследствие отсутствия потребителей основная масса отсева переплавляется в составе шихты при выплавке ферросиликомарганца, что снижает технико-экономические показатели производства.

Кафедрой электрометаллургии НМетАУ совместно с ЦЗЛ ОАО «НЗФ» завода проведена опытная кампания по выплавке и разливке ферросиликомарганца базового состава. В работе приведены результаты эксперимен-

тальных исследований по изучению влияния химического состава сплава, температуры разлива, типа и конструкции мульд разливочных машин на структуру, физико-механические характеристики слитка сплава и на выход отсева фракционирования.

Температура сплава в начале разлива, как правило, была на 10–15 °С выше температуры металла в середине и на 30–40 °С выше, чем в конце разлива. При анализе полученных результатов исследований установлено, что выход отсева фракционирования уменьшается при снижении температуры разлива, использовании стержневых изложниц и исключении процесса дробления. Отмечена характерная зависимость снижения выхода отсева при повышении концентрации железа, снижении содержания марганца, кремния в сплаве до значений базовых величин и уменьшении доли фосфора в сплаве. Повышение концентрации железа в сплаве и, соответственно, в структурных силикокарбидных фазах слитка (по принципу замещения марганца в узлах кристаллической решетки железом) обеспечивает повышение плотности и микротвердости, пластичности и предела хрупкого разрушения структурных фаз под действием статических и динамических нагрузок.

Полученные в работе результаты подтверждают целесообразность организации выплавки ферросиликомарганца с базовым содержанием марганца, кремния и с повышенной долей железа (10–13 %), что является одним из направлений улучшения технологичности процесса выплавки ферросиликомарганца – на заводе, повышения физико-механических и потребительских свойств слитка и фракционированного металла и, в конечном итоге, улучшения технико-экономических показателей его производства.

УДК 669.15-198:669.141.25

*В. А. Гладких, В. Ф. Лысенко, А. В. Рубан*  
 Национальная металлургическая академия Украины,  
 Днепропетровск

#### **РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАРГАНЦЕВЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ ПРИ ВЫПЛАВКЕ ЛИТЕЙНЫХ СТАЛЕЙ**

Вопросы рационального использования раскислителей и легирующих при выплавке литейных сталей различного назначения тесно связаны с номенклатурой производимых ферросплавов. Практически ни одна марка стали не может быть получена без использования марганцевых или кремнистых ферросплавов.

Государственным стандартом Украины на ферросиликомарганец (ДСТУ-3548-97) предусмотрено 4 марки с содержанием от 10 до 35% кремния и от 0,05 до 0,6% фосфора, а по ДСТУ-3547-97 – три группы ферромарганца: низкоуглеродистый, среднеуглеродистый и высокоуглеродистый, содержащие 0,5 – 7,0 % С и 0,05 – 0,70 % Р при 65 – 95 % Мп.

Традиционно литейщики используют для раскисления и легирования большинства марок сталей ферросиликомарганец марки МнС17 с содержанием кремния 15,0-20,0 %, фосфора 0,10-0,6 % и марганца 65,0 %; ферромарганец марки ФМн78 с содержанием фосфора 0,05-0,7 % и марганца 75-82 %; ферросилиций марок ФС45 (41-47 % Si; 0,6 % Mn; 0,05 % P; 0,02 %S) и ФС65 (63-68 % Si; 0,4 % Mn; 0,05 % P; 0,02 %S). Однако за рубежом используют марганцевые сплавы с более низким содержанием фосфора, а ферросиликомарганец содержит не более 68 % марганца. Повышенное содержание марганца в отечественном ферросиликомарганце значительно повышает конкурентоспособность сплава на международном рынке, т.к. его расход на 1 т стали значительно ниже.

С целью проведения сравнительной оценки расхода ферросплавов для раскисления и легирования практически любых литейных сталей приняты к рассмотрению ферросплавы: МнС17Р35, ФМн78С2Р70, МнС25Р35, ФС45, ФС65. При этом основной задачей ставилось ограничение общего количества вводимых ферросплавов, обеспечивающих заданный химический состав стали.

Основная задача состоит в выработке рекомендаций по рациональному сортаменту ферросплавов, расширению номенклатуры марганцевых сплавов, используемых для раскисления и легирования сталей.

При определении общего расхода ферросплавов принят средний химический состав литейных сталей и среднее усвоение марганца и кремния независимо от способа и метода раскисления и легирования (в печи или в ковше). Эти допущения позволили значительно сократить количество рассматриваемых вариантов и в то же время не оказали существенного влияния на общие выводы. Расчеты проводили исходя из среднего содержания марганца, кремния, фосфора и углерода по каждой группе марок сталей. В зависимости от выбранной марки литейной стали усвоение марганца составляет 65—92%, а кремния – 65-80%.

Анализ показывает, что во всех случаях использование ферросиликомарганца производства заводов Украины с повышенным содержанием марганца по сравнению с ферросиликомарганцем зарубежного производства позволяет снизить общий расход ферросплавов на 1 т стали.

Анализируя общую ситуацию с использованием массовых марганцевых ферросплавов в сталеплавильном производстве и состоянии их выплавки, необходимо отметить следующее:

Замена процесса раскисления ферромарганцем и ферросилицием на процесс раскисления ферросиликомарганцем улучшает как стабильность химического состава литейной стали по кремнию, так и ее механические свойства.

Наиболее целесообразно, а в некоторых случаях просто необходимо, особенно для низкоуглеродистых сталей типа 08Х14Н7МЛ, 08Г2ДНФЛ, 07Х17Н16ТЛ замена высокоуглеродистого ферромарганца на ферросиликомарганец в сочетании с ферросилицием марки ФС45. Применение высокоуглеродистого ферромарганца и ферросилиция марки ФС65 приводит к нестабильному составу стали по кремнию ввиду сегрегации кремния в ферросилиции марок ФС65 и ФС75 при его разливке. Для низкоуглеродистых сталей это наиболее актуально, т.к. во многих случаях ферросиликомарганец может заменить среднеуглеродистый ферромарганец.

Высококремнистый ферросиликомарганец марки МнС25 желательно производить с содержанием фосфора не более 0,25%, что позволит его использовать без всяких ограничений при выплавке большинства литейных сталей электропечного сортамента.

Практически во всех вариантах использование ферросилико-марганца марок МнС17 и МнС25 приводит к снижению общего количества вводимых ферросплавов, что позволит уменьшить перегрев стали в печи, снизить угар и повысить выход годного.

Для отдельных групп марок сталей целесообразно использовать комплексные сплавы на основе марганца с другими легирующими элементами.

УДК 669.187.526:51.001.57

*А.С. Гладков, Н.И. Левицкий, Т.В. Лапушук, Е.А. Матвиец, М.Ю. Смирнов*  
Физико-технологический институт металлов и сплавов  
НАН Украины, Киев

#### **РАФИНИРОВАНИЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ГАРНИССАЖНОЙ ПЛАВКИ**

В современной металлургии электронно-лучевая плавка (ЭЛП) является эффективным способом рафинирования металлов и сплавов [1]. Ранее ряд исследований, проведенных для определения влияния электронно-лучевого нагрева на степень очистки металлургического кремния, показал, что ЭЛП обеспечивает его эффективное рафинирование от газов и примесей с упругостью пара выше, чем у кремния. Удаление таких элементов, как титан и железо, из кремния при ЭЛП возможно при обеспечении направленной кри-