

Г. В. Бергеман, А. С. Заспенко, И. В. Пельих, В. А. Петренко\*

ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского», Днепропетровск

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

## Разработка и освоение в сталеплавильных агрегатах ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского» технологии выплавки низкоуглеродистой стали марки М для производства контактного рельса вагонов метрополитена

*Разработан и освоен в условиях сталеплавильного передела ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского» новый способ выплавки в кислородном конверторе низкоуглеродистой (электротехнической) стали марки «М», предназначенной в дальнейшем для производства контактных рельс вагонов метрополитена и обладающей заданным электрическим сопротивлением не более 0,125 мкОм·м (Ом·мм<sup>2</sup>/м).*

**Ключевые слова:** рельс контактный, кислородный конвертор, низкоуглеродистая сталь, контролируемая продувка, газокислородная обработка, высокоосновной шлак

**П**остановка проблемы. Рельс контактный вагонов метрополитена является одним из весьма востребованных видов прокатных профилей, производимых в условиях металлургического производства ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского» на среднесортном стане 550. Актуальность его освоения заключалась в требованиях новых собственников предприятия расширить сортамент среднесортного стана 550 новой высокомаржинальной продукцией.

По своим геометрическим размерам данный вид металлопроката относится к достаточно «массивным» для стана 550 прокатным профилям, так как обладает толстыми несимметричными составными элементами (головкой и подошвой) и требует решения проблем обеспечения своей прямолинейности. Это вызвано тем, что низкая прочность кипящей стали, при длине штанг профиля 12,5 м, требует к ним особого обращения на стадиях охлаждения, отделки и складирования. Здесь велика вероятность отклонений от норм кривизны штанг профиля из-за возможности их провисания под собственным весом или от внешних механических воздействий. Тем не менее, существенным преимуществом среднесортного стана 550 является возможность производства данного вида металлопроката малыми партиями в количестве 300-500 т, что соответствует его фактической потребности на рынке металлопроката СНГ.

Однако для его производства сталеплавильщикам ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского» потребовалось решить достаточно сложную технологическую задачу – в условиях кислородно-конверторного цеха разработать и освоить производство новой марки кипящей (электротехнической) стали марки М с низким процентным содержанием углерода (0,08-0,12 %мас.). Данное процентное содержание углерода позволяет производить из стали марки М контактные рельсы для вагонов метрополитена с обеспечением заданного электри-

ческого сопротивления, составляющего не более 0,125 мкОм·м (Ом·мм<sup>2</sup>/м).

Химический состав стали марки М согласно ТУ У 27.1-19305558-003-2009 (массовая доля основных химических элементов в стали) приведен в таблице.

**Постановка задачи.** Необходимо обеспечить в кислородных конверторах ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского» получение требуемого процентного содержания углерода в готовой стали марки М в пределах 0,08-0,12 %мас., контролируемой во времени кислородной продувкой, с последующей присадкой в образовавшийся в конверторе полупродукт заданного количества науглероживателя, и одновременного получения в процессе выплавки высокоосновного активного шлака (более 3,15 единиц) для обеспечения заданного показателя содержания серы в готовой стали не более 0,030 %.

**Изложение основных материалов.** Низкоуглеродистая кипящая сталь марки М выплавляется в 50-тонных кислородных конверторах, с продувкой железоуглеродистого расплава сверху, производимой при помощи Г-образной фурмы технически чистым кислородом с чистотой не менее 98,5 % [1]. Сталь выплавляется с расходом (кг/т): чугуна жидкого – 920,1; стального лома – 212,8; ферросплавов – 5,34. После завалки в кислородный конвертор металлолома заливается жидкий чугун и начинается процесс кислородной продувки. Плавку продувают в течение 18-19 мин. кислородом с чистотой не менее 98,5% и расходом 180-200 нм<sup>3</sup>/мин.

В качестве шлакообразующих материалов в конвертор присаживаются металлургическая известь в количестве 68,0-70,0 кг/т стали и плавиковый шпат в количестве 1,5-2,2 кг/т стали. Для проведения данной технологической операции используется

Марка стали	Массовая доля основных химических элементов (%мас.)				
	углерода	марганца	кремния (не более)	серы (не более)	фосфора (не более)
М	0,08-0,12	0,25-0,50	0,03	0,03	0,03

металлургическая известь газового обжига, в кусках крупностью 40-80 мм, содержащая не менее 85 % (CaO + MgO) с недопалом 10-12 % и плавиковый шпат, содержащий 75,0 % CaF<sub>2</sub>. Известь и плавиковый шпат подаются в полость конвертора через тракт подачи сыпучих материалов, включающий приемные бункера, специальные дозирующие устройства – весовые дозаторы и наклонные выдвигные желоба.

Высокоосновной активный шлак (более 3,5 единиц), отсекающийся при выпуске железоуглеродистого расплава в сталеразливочный ковш, содержит (%): FeO – 20-28; CaO – 51-53; SiO<sub>2</sub> – 14-17. Полученный полупродукт перед выпуском из конвертора в сталеразливочный ковш состоит из (%мас.): С – 0,05-0,07; Mn – 0,10-0,20; P – 0,03; S – 0,03, и имеет температуру 1620-1650 °С.

Для обеспечения процентного содержания углерода в диапазоне 0,05-0,08 % мас. в образующемся в конверторе железоуглеродистом расплаве, используется устройство «Multi-Lab», предназначенное для проведения контроля окисленности и определения температуры жидкой стали. Данная контрольно-измерительная аппаратура с высокой степенью точности позволяет определять содержание углерода в конверторе в конце окислительного периода плавки в широком диапазоне, составляющем 0,01-0,12 мас.%. Продувку прекращают при достигнутом требуемом значении электродвижущей силы (ЭДС), определяемой датчиком активности кислорода, расположенном в кислородном зонде «Multi-Lab», а также требуемого показателя содержания углерода и температуры расплава, фиксируемого термозондом «Multi-Lab».

Таким образом, определяемая заданная величина ЭДС, при температуре железо-углеродистого расплава в конверторе, соответствующей требуемому содержанию в нем углерода, становится сигналом для автоматического прекращения процесса продувки жидкого расплава кислородом.

Плавка из конвертора выпускается в ковш с кислой набивной футеровкой из Часов-Ярского песка, с содержанием SiO<sub>2</sub> не более 90 %.

Через 60-80 секунд после начала слива металла в сталеразливочный ковш, в течение 1-2 минут в него присаживаются ферросплавы (ферромарганец) в количестве 5,34 кг/т. В частности в качестве присаживаемых ферросплавов используется ферромарганец марки ФМн78 с содержанием в нем кремния не более 1,8 % и с коэффициентом усвоения марганца 70 %.

Науглероживание расплава производится при его выпуске в сталеразливочный ковш присадкой термоантрацита марки АС, с расходом данного материала в количестве 0,9-1,0 кг/т стали. Для раскисления стали в ковше также используется (чушковый или кусковой) алюминий марки АВ-87 в количестве 0,2 кг/т

стали. Температура стали в сталеразливочном ковше перед ее разливкой в слитки сифонным способом находится в диапазоне 1560-1580 °С.

Разливка стали марки М в слитки проводится сифонным способом из сталеразливочного ковша через стакан с диаметром отверстия 60 мм, в уширенные к низу изложницы с накрытием головной части слитка специальными крышками. Для предотвращения возникновения осадки (рослости) слитков, полученных после разливки стали в изложницы, в центровую, в процессе разливки стали, дополнительно вводится гранулированный алюминий фракцией (крупностью) не более 20 мм, в количестве не более 50 г/т стали.

Таким образом, производство стали марки М по разработанному способу позволяет в рекомендованных пределах получить требуемое содержание углерода в готовой стали, с одновременным обеспечением требуемого содержания серы в готовой стали [2].

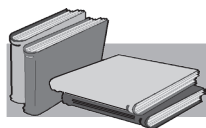
## Выводы

Предложенный способ производства низкоуглеродистой (электротехнической) стали марки М, позволяющий обеспечить ее заданный химический состав, опробован и освоен в кислородно-конверторном цехе ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского».

Контролируемая продувка железоуглеродистого расплава кислородом до низкого содержания в нем углерода (с последующим науглероживанием расплава заданным расходом термоантрацита) позволяет установить оптимальную шихтовку плавки (соотношение жидкого чугуна и стального лома) с конкретно обозначенными расходными параметрами. Таким образом – упростить технологический процесс производства низкоуглеродистой стали марки М.

Благодаря интенсивной газокислородной обработке железоуглеродистого расплава повышается содержание окислов железа в шлаке. А заданный расход металлургической извести способствует наведению в конверторе высокоосновного активного шлака с основностью более 3,15 единиц для обеспечения требуемого показателя содержания серы в готовой стали марки М не более 0,03 %, даже при использовании металлургической извести, обладающей низкой реакционной способностью (с недопалом извести от 12 до 18 %).

Дополнительными положительными факторами, образующимися при контролируемой кислородной продувке, осуществляемой в процессе выплавки стали марки М являются возможность снижения количества плавов с додувками и создание благоприятных условий для работы с устойчивыми результатами (заданной температурой и содержанием углерода в металле на повалке).



## ЛИТЕРАТУРА

1. Дубров Н. Ф., Кривко Е. М. Кипящая сталь. – М.: Металлургия, 1984 г. – 97 с.
2. Явойский В. И. Металлургия стали. – М.: Металлургия, 1973 г. – 435 с.

## Анотація

*Бергеман Г. В., Заспенко А. С., Пелих І. В., Петренко В. О.*

Розробка та освоєння в сталеплавильних агрегатах ПАТ «Євраз – ДМЗ ім. Петровського» технології виплавки низьковуглецевої сталі марки М для виробництва контактної рейки вагонів метрополітену

*Розроблено і освоєно в умовах сталеплавильного переділу ПАТ «Євраз – ДМЗ ім. Петровського» новий спосіб виплавки в кисневому конверторі низьковуглецевої (електротехнічної) сталі марки М, призначеної в подальшому для виробництва контактних рейок вагонів метрополітену і яка має заданий електричний опір не більше 0,125 мкОм·м (Ом·мм<sup>2</sup>/м).*

## Ключові слова

*рейка контактна, кисневий конвертор, низьковуглецева сталь, контрольоване продування, газокиснева обробка, високоосновний шлак*

## Summary

*Bergeman G. V., Zaspenko A. S., Pelikh I. V., Petrenko V. A.*

Design and development of steelmaking in «EVRAZ – DMP nam. Petrovsky» mild steel smelting technology M for the production of contact rail subway cars

*In the context of steelmaking redistribution «EVRAZ – DMP nam. Petrovsky» developed and commercialized a new method of smelting in an oxygen converter low-carbon (electrical) steel «M», intended for the production of further contact rail subway cars and having a predetermined electrical resistance of not more than 0,125 micro ohms·m (ohm · mm<sup>2</sup> / m).*

## Keywords

*rail contact, oxygen converter, low carbon steel, controlled purging, gas-oxygen treatment, highly basic slag*

Поступила 11.04.14

Телефон редакції журналів  
«Металл и литье Украины» и «Процессы литья»

**(044) 424-04-10**

Інформація о журналах на сайті:

**[www.ptima.kiev.ua](http://www.ptima.kiev.ua)**