

От редакции

Научная школа МГТУ им. Г.И. Носова «Развитие теории и технологии металлургического производства» в своих исследованиях охватывает широкий спектр проблем в большой металлургической системе. Исследуются процессы окискования как традиционного, так и титаномагнетитового (сложного в переработке) железорудного сырья. Разрабатывается принципиально новая, с элементами гидрометаллургии, экологически безопасная схема переработки сидеритового сырья.

Много внимания уделяется решению проблемы утилизации отходов металлургического производства: переработке шламов и шлаков. При этом получены ценные продукты, например цинковый концентрат. Традиционными являются исследования в области теоретического моделирования и практического совершенствования технологических процессов производства стали на всех его стадиях: выплавки, ковшевой обработки и непрерывной разливки. Развиваются теория и технология литейных сплавов на заранее заданные свойства для отливок специального назначения. Разработана теория и технология изготовления шлакокаменных отливок и использование окисных отходов металлургического производства в технологических процессах.

УДК 669.187.25

ОПЫТ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ В СВЕРХМОЩНОЙ ДУГОВОЙ ПЕЧИ С ПОВЫШЕННЫМ РАСХОДОМ ТВЕРДОГО ЧУГУНА

Бигеев В.А.¹, Валиахметов А.Х.², Йенер Бурак³, Федянин А.Н.²¹ Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Россия² Магнитогорский металлургический комбинат, Россия³ MMK-Metalurji, Dordyol, Turkey

Аннотация. В рамках российско-турецкого сотрудничества коллектив ученых и производственников усовершенствовал технологию выплавки стали в сверхмощной электропечи ДСП-250 металлургического завода «ММК-Metalurji». В статье сделан анализ качества различных видов стального лома, установлено, что при плавке с использованием доступного лома не удастся обеспечить содержание меди менее 0,25%. Это негативно сказывается на качестве листового проката, в частности образуются трещины на кромке листа. Приведенные исследования привели к технологии с использованием в шихте не менее 25% твердого чугуна, что позволило обеспечить удовлетворительное качество холоднокатаного листового проката.

Ключевые слова: металлошихта, качество лома, твердый чугун, технологические параметры.

Введение

В подавляющем большинстве случаев на металлургических предприятиях неполного цикла производят сортовой прокат. На металлургическом заводе «ММК-Metalurji» производится тонкий холоднокатаный лист, в основном с цинковым и полимерным покрытиями. Это предъявляет высокие, не просто выполняемые требования к качеству производимой стали в электросталеплавильном цехе. Творческим коллективом российско-турецких специалистов на этом предприятии была освоена новая технология выплавки стали в сверхмощной электропечи ДСП-250 с высоким расходом твердого чугуна.

Качество металлошихты и ее влияние на дефекты проката. В 2011 г. в г. Искендерун (Турция) был введен в эксплуатацию современный металлургический комплекс «ММК-Metalurji». Производственные мощности рассчитаны на ежегодный выпуск 2,3 млн т товарной металлопродукции. Комплекс в г. Искендерун включает в себя две составные части: «горячий» и «холодный» переделы. «Горячий» передел представлен литейно-прокатным комплексом (ЛПК). «Холодный» передел состоит из цеха холод-

ной прокатки (в его основе – реверсивный трехклетевой стан «1300», агрегат горячего цинкования, линия полимерного покрытия) и сервисного металлоцентра. Основной продукцией предприятия является холоднокатаный листовой прокат с цинковым или полимерным покрытием. По своему технологическому оснащению комплекс является одним из самых современных в мире.

Также имеется собственный морской порт, наличие которого обеспечивает поставку сырья для производства стали, при необходимости – горячего подката, а также отгрузку большей части продукции. Пропускная способность порта более чем в два раза превышает максимальные потребности «ММК-Metalurji», поэтому оказываются транспортные услуги для других предприятий искендерунского металлургического кластера.

Состав оборудования ЛПК включает в себя 250-тонную сверхмощную дуговую сталеплавильную печь, сдвоенную установку печь-ковш, сдвоенный вакууматор камерного типа, тонкослябовую машину непрерывного литья заготовок (толщина сляба 70 или 50 мм) и непрерывный широкополосный стан горячей прокатки.

Для получения листового проката высокого качества необходимо обеспечить в готовой стали мини-

мальное содержание вредных примесей – серы и фосфора, газов – кислорода, азота и водорода, а также примесей цветных металлов – хрома, никеля, меди, олова и молибдена.

Состав оборудования ЭСПЦ позволяет успешно справляться с задачей получения низкого содержания серы, фосфора и газов в стали.

Более сложной задачей является обеспечение получения в готовой стали гарантированно низких концентраций примесей цветных металлов, в частности меди. Поступление меди в сталь обусловлено ее наличием в исходной металлошихте. Причем медь в металлическом ломе находится как в виде физических примесей – отдельных кусков (различного рода детали, провода, куски кабелей, обмотки электродвигателей, различные виды латуни, бронзы и т.д.), так и содержится в химическом составе кусков лома.

Ориентировочное содержание меди в ломе различных видов представлено в табл. 1.

Таблица 1

Ориентировочное содержание меди в различных видах металлической шихты, используемой для выплавки стали

Вид используемой шихты	Ориентировочное содержание меди, %
Domestic (Местный лом турецкого рынка)	0,20-0,25
HMS I/II	0,40-0,55
A-3 (лом, импортируемый из России и стран СНГ)	0,20-0,25
Пакеты (автомобильный лом)	0,10
Шреддерный лом (Европа, Северная Америка)	0,40-0,60
Отходы собственного производства (остатки металла с ДСП, промковшей, слэбы, прокатная обрезь)	0,25
HBI (ГБЖ – железо горячего брикетирования)	<0,02
Pig Iron (Чушковый чугун)	<0,02

Металлический лом, имеющийся на рынке Средиземноморья, существенно отличается от лома, имеющегося на рынке России и стран СНГ, по своему составу. Лом с рынка стран СНГ в основном был получен из стали, выплавленной с использованием большой доли чугуна мартеновским или кислородно-конвертерным способом. Поэтому содержание меди в таком ломе относительно небольшое, как правило, не превышает 0,25%, в то время как в Европе и Северной Америке доля электростали занимала значительно большую часть от объемов производства. Концентрация меди в стали

обыкновенного качества нередко достигает уровня 0,40-0,50%.

Повышенное содержание меди является одной из основных причин появления в горячекатаном прокате дефекта «трещины по кромке» (рис. 1). Дефект начинает проявляться при концентрации меди в стали 0,25-0,30% и при превышении 0,30% имеет практически постоянное присутствие. Исходя из этого, шихтовку плавов проводят с учетом получения содержания меди в готовой стали не более 0,25%.

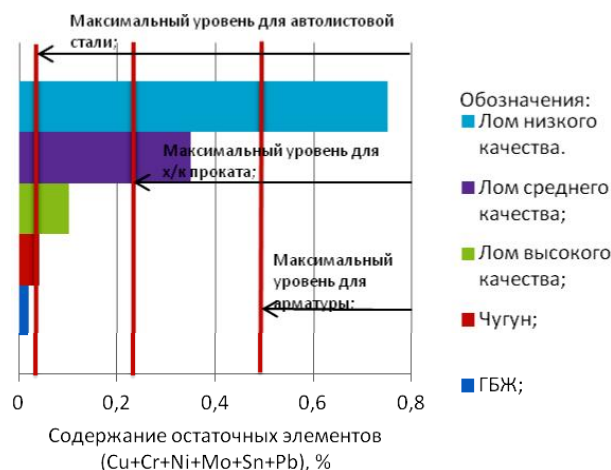


Рис. 1. Содержание цветных металлов в различных виде сырья и максимальные содержания цветных металлов для разных марок стали

В стальном ломе, являющемся основой металлошихты в ДСП-250, наблюдается высокое содержание меди и других цветных металлов, особенно по сравнению с чугуном и горячебрикетированным железом (ГБЖ). Эти данные представлены на рис. 2. В случае «ММК-Metalurji» большая часть лома, поступающего из европейских стран и США, по содержанию цветных примесей относится к сырью низкого качества. Меньшая часть лома среднего качества поступает из РФ, полностью отсутствует лом высокого качества. Поэтому из металлошихты, состоящей из 100% лома, невозможно выплавить сталь для производства качественного холодного листового проката (см. рис. 2).

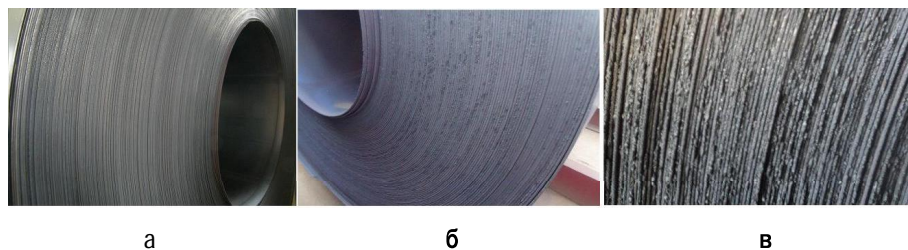


Рис. 2. Горячекатаные рулоны стали разного качества: а – рулоны без дефекта; б – рулоны с дефектом «легкие трещины по кромке»; в – рулоны с дефектом «грубые трещины по кромке»

Решение данной проблемы возможно путем применения различных видов альтернативного сырья (с

низким содержанием меди и других цветных металлов), таких как чугун твердый и жидкий, металлizedованное сырье, как правило ГБЖ. Однако металлizedованное сырье является дефицитным материалом, особенно в средиземноморском регионе. Доменного производства на заводе «ММК-Metalurji» нет, поэтому невозможно использовать опыт ЭСПЦ ОАО «ММК» плавки с применением жидкого чугуна [3]. Для этого

турецкого предприятия наиболее подходящим является использование твердого чугуна.

Технология плавки с повышенным расходом чугуна. Шихтовку плавов на ДСП проводят, рассчитывая поступление меди из различных видов металлошихты [1,2]. По проекту основным вариантом шихтовки плавки в ДСП-250 является использование от 80% металлического лома и до 20% твердого чугуна. Применение твердого чугуна обусловлено задачей не только снижения расхода электроэнергии на плавку, но и, главным образом, снижение концентрации меди. Однако при использовании в металлошихте ДСП (особенно большой вместимости) более 10% твердого чугуна возникает проблема временного «сплавания» чугунных чушек в конгломерат. В дальнейшем расплавление этого конгломерата сопровождается бурной реакцией окисления углерода, как правило, с выбросами металла и шлака из печи. Были разработана специальная методика загрузки бадьи ломом и твердого чугуна для завалки, первой и второй подвалок металлошихты в ДСП.

Разработанная технология позволила работать при расходе твердого чугуна 25-28%, в отдельные периоды расход чушкового чугуна достигал 30% на плавку. В табл. 2 представлены технологические параметры выплавки стали при разных расходах чушкового чугуна.

Как видно из данных, приведенных в таблице, при увеличении расхода чугуна снижения удельного расхода электроэнергии не происходит.

Однако снижается общий расход углеродсодержащих материалов на плавку как для угольных инжекторов, так и присаживаемых в корзину в завалку и подвалку. Также отмечено увеличение расхода кислорода для окисления углерода, поступающего с твердым чугуном.

Снижение расхода металлошихты на плавках с использованием чугуна также можно объяснить высокой замусоренностью используемого металлического лома.

После запуска комплекса и по мере накопления производственного опыта стало понятно, что, используя только чушковый чугун и лом, имеющийся на турецком рынке, можно гарантировать содержание меди менее 0,30%. Для того чтобы обеспечить получение в готовом прокате содержания меди не более 0,25%, стали закупать в России и странах СНГ лом среднего качества.

Таблица 2

Технологические параметры выплавки стали с использованием чушкового чугуна

Вариант технологии	Технологические параметры						
	Цикл плавки, мин	Время под током, мин	Удельный расход электроэнергии, кВт*ч/т	Расход кислорода, м³/т	Расход металлошихты, кг/т	Удельный общий (на инжекторы + в корзину) расход углерода, кг/т	Температура металла на выпуске, °С
Без использования чушкового чугуна	62,4	42,7	411	38,1	1248	19,2	1643
С расходом чушкового чугуна до 10% (в среднем 7,5%)	61,9	41,3	411	37,7	1190	11,6	1633
С расходом чушкового чугуна 10-20% (в среднем 14,7%)	62,6	42,5	420	38,4	1183	9,6	1634
С расходом чушкового чугуна более 20% (в среднем 27%)	60,6	43,2	411	42,9	1189	11,4	1624

Заключение. На вновь построенном металлургическом заводе «ММК-Metalurji» освоена самая энергетически мощная в мире ДСП-250. Несмотря на объективные трудности с качеством европейского и североамериканского стального лома в ЭСПЦ, удалось разработать технологию производства горячекатанного листа с содержанием меди не более 0,25%.

Список литературы

1. Особенности материального и теплового балансов ДСП-180 ОАО «ММК» / В.А. Бигеев, А.Е. Малофеев, А.В. Пантелеев, Ю.А. Ивин, А.Х. Валиахметов // Электрометаллургия. 2008. №12. С. 16-18.
2. Особенности работы ДСП на длинных дугах / Бигеев В.А., Малофеев А.Е., Пантелеев А.В. и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2006. №4(16). С. 20-21.
3. Изучение поведения химических элементов при выплавке полупродукта в сверхмощной дуговой сталеплавильной печи с различным расходом жидкого чугуна / Алексеев Л.В., Столяров А.М., Малофеев А.Е. и др. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2009. №1(23). С. 38-41.

STEEL SMELTING EXPERIENCE IN THE SUPERPOWER ARC FURNACE WITH FIRM CAST IRON RAISED CONSUMPTION

Bigeev Vahit Abdrashitovich – D.Sc. (Eng.), Professor, Director of Metallurgy, Mechanic Engineering and Materials Processing Institute, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Russia. Phone: 8(3519)29-85-59. E-mail: v.bigeev11@yandex.ru.

Valiakhmetov Alfred Habibullayevich – Leading Industrial Engineer of MMK's Central Laboratory, OJSC «MMK», Magnitogorsk, Russia. Phone: 8(3519)24-07-03. E-mail: Valiakhmetov.ak@mmk.ru.

Yener Burak – Chief of ESPT's «MMK-Metalurji» MMK Metalurji San. Tic. Ve Liman Islet-meciligi A.S., Ozerli Mah. Alparslan Turkes Blv., Dortyol, Turkey. E-mail: Byener@mmkturkey.com.tr.

Fedyanin Artem Nikolaevich – Engineer of BOF OJSC «MMK», Russia. Phone: 8(3519)24-07-03. E-mail: fedyaninan@inbox.ru.

Abstract. Within the Russian-Turkish collaboration the group of scientists and production workers has improved the technology of steel smelting in the super power DSP-250 electric furnace of MMK-Metalurji steel works. The quality of different types of steel scrap has been analysed in the article. It is established that in melting with the available scrap it isn't possible to provide the content of copper less than 0,25%. It negatively affects on the quality of flat product, in particular cracks on a leaf edge are formed. The given research led to the technology using in charging not less than 25% of firm cast iron that allowed to provide satisfactory quality of cold rolled flat product.

Keywords: metal charge, quality of scrap, firm cast iron, process variables.

References

1. Bigeev V.A., Malofeyev A.E., Panteleev A.V., Ivin Yu.A., Valiakhmetov A.H. Features of material and thermal balances of DSP-180 of OJSC MMK. *Elektrometallurgiya* [Electrometallurgy]. 2008, no. 12, pp. 16-18.
2. Bigeev V.A., Malofeyev A.E., Panteleev A.V. etc. Features of work of a particleboard on long Arches. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*. [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2006, no. 4(16), pp. 20-21.
3. Alekseev L.V., Joiners A.M., Malofeyev A.E. etc. Studying of behavior of chemical elements when smelting semi-product in the superpower arc steel-smelting furnace with various expense liquid Cast iron. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Nosova*. [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2009, no. 1(23), pp. 38-41.