

**А. Д. Зражевский**, генеральный директор ОП «Укрметаллургпром»

**А. В. Ноговицын\***, д-р техн. наук, зам. директора ФТИМС НАН Украины

**Д. В. Дербенев**, начальник производственно-технического отдела ОП «Укрметаллургпром»

ОП «Укрметаллургпром», Киев

\*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

## **VII Конференция сталеплавильщиков Украины (обзор докладов)**

---

23–24 ноября 2017 года ОП «Укрметаллургпром» провело VII Конференцию сталеплавильщиков Украины на базе ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» (ПАО «АМКР» г. Кривой Рог). Для участия в работе конференции были приглашены руководящий персонал сталеплавильных цехов и главные специалисты металлургических предприятий Украины, входящие в состав Объединения, а также ведущие специалисты учебных, научно-исследовательских и проектных институтов.

Конференцию открыл генеральный директор Объединения «Укрметаллургпром» А. Д. Зражевский. В своем выступлении он охарактеризовал итоги работы металлургических предприятий Украины в 2017 году. По его данным, производство за 10 месяцев 2017 года составило:

- чугуна – 16,4 млн т (83 % к аналогичному периоду 2016 года);
- сталь – 17,6 млн т (87 %);
- прокат – 15,2 млн т (85 %).

Снижение производства по сравнению с прошлым годом обусловлено вынужденными простоями ряда предприятий:

- Алчевский МК, в том числе КХП – не работает с февраля по сей день;
- Днепропетровский МК – не работал 4 месяца (с апреля по июль).

Кроме того, с марта текущего года утрачен контроль и отсутствует какая-либо производственная информация о работе метпредприятий, расположенных на неподконтрольной Украине территории Донецкой области (Енакиевский МЗ и «Донецксталь»).

На контролируемой Украиной территории в работе находятся 20 из 21 действующих доменных печей, 15 конвертеров из 16, 8 мартеновских печей из 9, 7 электропечей из 15 и все 14 машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ).

Кроме того, 5 доменных печей находятся на длительной консервации (не работают более одного года).

За 2017 год прогнозируется производство основных видов металлопродукции в следующих объемах:

- чугуна – 20 млн т (-15 % к 2016 году);
- стали – 21 млн т (-11 %);
- проката – 18 млн т (-14 %).

Представители металлургических предприятий ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», ЧАО «МК «АЗОВ-СТАЛЬ», ЧАО «ММК им. Ильича», ООО «Электро-сталь», ПАО «Алчевский металлургический комби-

нат», ПАО «Днепропетровский металлургический комбинат», ЧАО «ЕВРАЗ ДМЗ», ООО «МЗ «Днепросталь», ПАО «Запорожсталь» выступили с информацией об особенностях своих сталеплавильных производств, их текущем состоянии, проблемных вопросах и перспективах. Значительное внимание уделено повышению качества выпускаемой продукции, освоению ее новых видов. Были озвучены проблемные вопросы: низкое качество шихтовых материалов, износ оборудования, дефицит квалифицированных кадров. В научно-технической части конференции сделано 19 докладов.

С докладом «*Современное состояние и перспективные направления развития сталеплавильного передела ПАО «АМКР»*» выступил заместитель директора сталеплавильного департамента АМКР канд. техн. наук Чернятевич И. В.

Предприятие осуществляет широкомасштабную и планомерную реконструкцию действующих мощностей в сталеплавильных цехах и ввод новых агрегатов с заменой устаревших и низкоэффективных агрегатов.

Основными направлениями являются: расширение сортамента производимой продукции, повышение ее качества, снижение количества выбросов и повышение энергоэффективности. Начиная с 2014 года, проведена реконструкция газоочистки на 3-х конвертерах второго блока со снижением удельных выбросов до уровня менее 50 мг/м<sup>3</sup>. Поставщик оборудования и технологии – SMS Siemag. Принципиальным моментом является переход на систему с частичным дожиганием СО, с возможностью установки оборудования по улавливанию конвертерных газов. Следующим этапом будет модернизация системы очистки конвертерных газов на конвертерах блока № 1.

Совместно с внедрением новых газоочисток реконструируется система водоподготовки. Параллельно внедряется проект полного перевода разливки стали со слитков на МНЛЗ. В этом году начато строительство комплекса в составе 2-х сортовых МНЛЗ производительностью 1,4 млн т каждая. Обработка стали перед разливкой будет осуществляться на двух установках типа ковш-печь. Производитель основного оборудования – компания SMS Concast. Плановая дата пуска комплекса – декабрь 2018 г. С выводом указанных машин на проектные показатели, мощности ПАО «АМКР» по разливке стали непрерывным способом увеличатся до 4 млн т в год. Параллель-

но будет проводиться вывод мощностей по разливке стали в изложницы и в обжимном переделе предприятия. На фоне указанных глобальных проектов идет техническое перевооружение существующих агрегатов, внедрение новых систем и оборудования. Так во время реконструкции в 2017 году установлен новый корпус конвертера № 4 производства Danieli с усовершенствованной системой подвески и мониторинга температуры кожуха. По результатам эксплуатации будет принято решение о дальнейших действиях для последующих капитальных ремонтов. С переводом на выплавку стали для разливки на МНЛЗ конвертеры будут оборудованы системами отсечки шлака на выпуске. На конвертерах №№ 5 и 6 такое оборудование уже эксплуатируется, а на конвертере № 4 будет установлено в ближайшее время. Для обработки чугуна планируется внедрение десульфурации в заливочных ковшах. Одним из вариантов рассматривается технология, разработанная украинскими учеными в ИЧМ им. Некрасова.

Активно внедряются технологии, направленные на снижение расхода топлива, прежде всего, природного газа. Так в известковом цехе в настоящее время 3 из 5 вращающихся печей переведены на использование биотоплива с эффективностью замены природного газа до 80 %. На вращающейся печи № 2 в 2015 году установлен подогреватель известняка шахтного типа. Аналогичная реконструкция печи № 3 запланирована на 2018 год. Единственный эксплуатирующийся агрегат мартеновского цеха с октября текущего года переведен на прямоточный режим работы для снижения количества неорганизованных выбросов.

В докладе канд. техн. наук Молчанова Л. С. (ИЧМ НАНУ) «*Повышение ресурсо- и энергосберегающей эффективности продувки конвертерной ванны на примере ККЦ «АМКР»*» была продолжена тема модернизации сталеплавильного производства. В частности, предложено реализовать ресурсо- и энергосберегающую технологическую схему конвертерного производства качественного железоуглеродистого полупродукта по технологии MURC, с применением трехъярусной кислородной фурмы и систем подвода к ней двух регулируемых потоков технологических газов. Для эффективного внедрения разработанной конструкции трехъярусной фурмы были уточнены особенности физико-химического взаимодействия кислородных струй разных ярусов с конвертерной ванной. В ходе проведения экспериментов установлено, что в условиях малошлаковой продувки фиксируется открытая форма общей реакционной зоны взаимодействия основных сверхзвуковых кислородных струй с металлическим расплавом, с образованием во вторичных реакционных зонах и выходом из них с определенной частотой на поверхность ванны макропузырей CO. На основании проведенных исследований разработаны дутьевой и шлаковый режимы ведения плавки в 160-тонном конвертере комбинированного дутья с применением трехъярусной фурмы.

В докладе «*Модернизация гарнисажной фурмы для большегрузного конвертера*» зав. кафедрой Днепропетровского государственного технического

университета (ДГТУ), профессора, д-ра техн. наук Сигарева Е. Н. говорилось о неравномерности распределения гарнисажного шлакового слоя по высоте конвертера; искажении профиля рабочего пространства конвертера; значительных удельных затратах на огнеупоры и уход за футеровкой конвертера.

Методами физического и численного исследования изучены особенности нанесения шлакового слоя с использованием 2-х ярусной гарнисажной фурмы. Разработана методика расчета конструктивных параметров для совершенствования фурмы. Отработаны режимы нанесения гарнисажного покрытия на футеровку с формированием рационального профиля рабочего пространства.

С докладом «*Современные зарубежные конструкционные стали. Управление структурой и свойствами*» выступил д-р техн. наук Ноговицын А. В., зам. директора ФТИМС НАНУ. Докладчик отметил, что в мире увеличивается объем применения высокопрочных сталей нового поколения типов AHSS (advanced high-strength steels) и UHSS (ultra high-strength steels) с пределом текучести от 400 до 1200 Н/мм<sup>2</sup>. Автор считает, что уже в ближайшее время металлургическим предприятиям Украины будут необходимы технологии, позволяющие производить полосовую и листовую сталь, обладающую высокой прочностью и пластичностью. Эти технологии могут быть спрогнозированы с помощью разработанных под руководством автора компьютерных программ для расчета структуры и механических свойств проката из углеродистых и низколегированных сталей, которые объединены в едином комплексе с программами расчета температурно-деформационных режимов прокатки и последеформационного охлаждения. Программы включают расчет размера аустенитного зерна и степень растворения карбидов и нитридов при нагреве металла; расчет степени рекристаллизации и размера зерна деформированного аустенита; расчет объемных долей и дисперсности фаз при распаде аустенита при заданном режиме охлаждения; расчет механических свойств проката. Применение этих программ позволит скорректировать технические требования к оборудованию на модернизируемых предприятиях. Прежде всего, это коснется прокатных переделов.

Большой интерес у сталеплавильщиков вызвал доклад д-ра техн. наук, профессора Шевченко А. Ф. (ИЧМ НАНУ) «*Материало-энергосберегающий процесс внепечной обработки чугуна к конвертерному переделу*». Докладчик отметил, что в последние годы значительно расширились требования сталеплавильного производства к внепечной подготовке жидкого чугуна для конвертерного передела. К этим требованиям относятся: обеспечение существенной (вплоть до 98 %) степени десульфурации чугуна; обеспечение глубокого (< 0,005 %) и особо глубокого (вплоть до < 0,001 %) очищения чугуна от серы; реализация всего цикла операций (десульфурации, удаления шлака, отбор проб и аттестации чугуна) в наименее короткое продолжительное время 20–30 мин; наименьшая материало-энергосберегающая стоимость технологии обработки чугуна и минимальные



потери температуры чугуна, в том числе при исходной температуре  $< 1300$  °С. Докладчик привел данные сравнения трех наиболее применяемых в мировой практике технологических процессов десульфурации чугуна: KR-процесса, коинжекции СаО и Mg, моноинъекции магния (технология ИЧМ). Промышленный опыт показал, что процесс десульфурации чугуна моноинъекцией зернистого магния является наиболее рациональным, так как сопровождается наименьшими эксплуатационными и капитальными затратами. Технология гарантировано обеспечивает заданную степень десульфурации в 95 % случаев, в том числе при особо глубокой десульфурации чугуна (до  $\leq 0,001$  % серы).

Начальник технолого-аналитического бюро ККЦ АлМК Тюляев Д. В. в докладе «Декарбонизация стали в камерном вакууматоре» рассказал об опыте получения сталей DC05 с содержанием углерода менее 0,01 % на ПАО «Алчевский металлургический комбинат». В кислородном конвертере выплавляли 5 плавков полупродукта с содержанием углерода 0,017–0,022 %, серы 0,007–0,016 %. Окисленность стали составляла 938–1233 ppm. Обезуглероживание полупродукта проводили на вакууматоре по технологии VCD. Была определена принципиальная возможность декарбонизации расплава жидкой стали за счет остаточного содержания кислорода. Содержание углерода в металле снизилось на 0,031 % (с 0,034 до 0,003 %). Максимальное содержание СО в отходящих газах составило – 31 % (в течение 1 минуты, после 12 минут набора вакуума, при разряжении в камере 150 мБар). Металл в ковше за время декарбонизации не вскипал, поведение металла в ковше – спокойное. Снижение температуры за время проведения декарбонизации металла составило 63 °С за 46 мин. После 5 минут подогрева плавки на установке «ковш-печь» (УКП), содержание углерода увеличилось на 0,0060 % (60 ppm) и составило – 0,0090 %, что произошло за счет науглероживания металла из электродов и футеровки стальной ковша. С целью исключения прироста углерода при разливке

стали на МНЛЗ, применяли безуглеродистые теплоизолирующие и шлакообразующие смеси для проковша, безуглеродистые шлакообразующие смеси для кристаллизатора.

С докладом «Методика построения рейтинга известняков для металлургического производства» выступил главный эксперт по технологии и качеству ООО «Метинвест Холдинг» Суценко А. В. В докладе приведены стандарты и классификации известняков в зависимости от содержания компонентов, в частности, оксида магния, и назначения. Предложены методы расчета рейтинговых коэффициентов известняка, которые, например, показывают во сколько раз флюсующая способность рассматриваемого известняка больше, чем базового. Другие коэффициенты (всего 5) учитывают дополнительные затраты, связанные с потерями металлошихты из-за увеличения массы шлака в сталеплавильном агрегате, влияние потерь при прокаливании, влияние содержания влаги в известняке, с показателем прочности известняка на сжатие. Приведены примеры расчета рейтинговых коэффициентов известняков, например, флюсового обычного для агломерационного производства марки Ч-1 и известняка флюсового обычного для сталеплавильного производства марки С-1.

Профессор, д-р техн. наук Троцан А. И. в докладе «Состояние и перспективы использования порошковых проволок и лент при внепечной обработке чугуна и стали» еще раз показал необходимость разработки и внедрения технологии обработки жидкой стали порошковой проволокой (ПП), которая является альтернативой низкому усвоению легирующих элементов при вводе кусковых и порошковых раскислителей и ферросплавов. Отмечены свойства ПП при модифицировании неметаллических включений, повышении ударной вязкости, увеличении стойкости к водородному охрупчиванию и улучшению обрабатываемости. ПП нашла применение также для десульфурации передельного и литейного чугуна, модифицирования литейного чугуна и получения высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.

Доцент кафедры металлургии стали НМетАУ, канд. техн. наук Синегин Е. В. сделал обзор на тему «*Актуальные направления развития технологии разлива стали на МНЛЗ*». Он обратил внимание участников конференции на разливу в кристаллизаторах с подвижными стенками (валковая и ленточная), разливу заготовок крупного сечения, на тенденции в конструкциях элементов МНЛЗ (промковша, погружных стаканов, кристаллизаторов, применении «мягкого» обжата в зоне вторичного охлаждения).

О борьбе с растрескиванием на МНЛЗ низколегированных высокопрочных сталей с содержанием углерода 0,12–0,19 % углерода в докладе «*Формирование поперечных трещин на поверхности непрерывнолитых заготовок из перитектических марок сталей*» рассказал Пащук Д. В., ведущий инженер сталеплавильного отдела технического управления ЧАО «МК «АЗОВСТАЛЬ». Установлено, что растрескивание происходит в результате потери пластичности литого металла в интервале температур 700–950 °С и действия механических напряжений в поверхностном слое, вызванных загибом и выпрямлением заготовки. В большинстве случаев трещины располагаются на широкой грани вблизи угловой зоны. Поперечные трещины возникают чаще всего в основании следов (меток) качания и других складок, количество трещин тем больше, чем глубже следы качания. Трещины наиболее сильно поражают поверхность заготовки по малому радиусу, которая испытывает растяжение при разгибе. С целью устранения дефекта изменено распределение плотности орошения по ширине секции № 2 при различных режимах активации форсунок; увеличен слой жидкого шлака и улучшена равномерность теплоотвода в кристаллизаторе за счет выбора опытных шлакообразующих смесей (ШОС) с измененными физическими свойствами (повышенная вязкость); разработана методика центровки погружаемых стаканов, планируются испытания погружаемого стакана с измененным углом рассекателя.

В докладе инженера-технолога конвертерного цеха ЧАО «ММК им. Ильича» Жижкина А. В. «*Увеличение производительности МНЛЗ и снижение выпуска несоответствующей продукции*» проанализированы основные факторы, влияющие на производительность МНЛЗ. Особое внимание уделено снижению уровня нарушений скоростного режима МНЛЗ по причине несоответствия температуры металла в промежуточном ковше диапазону, заданному технологией разлива. Разработано программное обеспечение, рекомендуемое необходимую температуру металла перед сливом из конвертера для обеспечения оптимальной температуры металла при обработке на комплексе доводки стали (КДС). Планируемое увеличение производительности составит около 66 тыс. т в год. Показано, что основной причиной возникновения дефекта «расслоение» в 2017 году является преждевременный износ роликов секций/сегментов в нижней части ручья МНЛЗ. Разработана программа, которая позволяет определить «проблемный» блок и путем правильного выбора скорости продолжить разливу с получением качественной продукции до остановки МНЛЗ. Реализация предложенной идеи

позволит определять возможные «проблемные» узлы оборудования с целью их оперативной перенастройки или замены.

О современных средствах контроля параметров расплава стали доложил директор ООО «Хераеус Электро-Найт Украина» (Heraeus Electro-Nite) Азаренков Е. А. Средства контроля, производимые Heraeus Electro-Nite, позволяют производить измерения следующих параметров жидкой стали и чугуна: температура, окисленность, углерод, алюминий, сера, FeO + MnO, толщина шлака. Среди новых технологий он отметил беспроводную технологию передачи данных, пользователями которой являются ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», ООО «МЗ «Днепросталь», ПАО «Запорожсталь». Значительный экономический эффект приносит система непрерывного измерения температуры стали в промковше МНЛЗ. Например, на предприятиях TATA Steel он составил 2 357 864 €. Система внедрена на МНЛЗ ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», ПАО «Днепропетровский металлургический комбинат», ЧАО «ММК им. Ильича». Отдельно докладчик остановился на технологиях измерения серы в чугуне, толщины шлака, параметра FeO + MnO, системе экспресс-анализа химического состава.

Теме увеличения стойкости гильз кристаллизаторов сортовых МНЛЗ в условиях работы КЦ ДМК посвятил свой доклад начальник бюро непрерывной разлива стали технического управления (ТУ) ПАО «Днепропетровский металлургический комбинат» Гладиллин О. Ю. Он отметил, что в настоящий момент плановая серийность при разливе открытой струей на сортах МНЛЗ № 1 и № 3 составляет 25 плавов, при достигнутой максимальной серийности 30 плавов. Во втором полугодии 2013 года (после новых поставок гильз) на МНЛЗ № 1 и № 3 произошло резкое снижение стойкости гильз производства KME Siemens VAI до 7000 т. Причиной этого послужило изменение конусности в сторону снижения с 1,8 до 1,4 мм при том, что скорость разлива не увеличивалась. Это удалось определить благодаря вводу в конце 2013 года в эксплуатацию прибора по измерению геометрических размеров гильз «Mold Checker». В 2014 году на испытания были приобретены гильзы производства «КМЕ» трех новых типов – с текстурированной поверхностью, с увеличенной конусностью и гильзы из сплава «elbrodur». Испытания показали, что опытные образцы гильз производства КМЕ по стойкости превосходят гильзы старого образца в 3–5 раз, поэтому было принято решение о переводе всего парка кристаллизаторов сечением 130x130 мм на новые гильзы. Следует отметить, что на стойкость гильз большое влияние оказывает правильная настройка механизма качания кристаллизатора. Для этого в 2015 году в эксплуатацию был введен прибор «Oshi Checker», проверена работа и произведена настройка всех механизмов качания кристаллизаторов сортовых МНЛЗ, что положительно сказалось на стойкости гильз. С повышением стойкости гильз и, соответственно, снижением их конусности на первый план выходит качество произведенной непрерывнолитой заготовки, а именно – геометрия профиля. Для компенсации низкой конусности появилась



необходимость более точной настройки роликов подвески кристаллизатора, для чего был разработан, изготовлен и введен в эксплуатацию новый универсальный шаблон. Средняя стойкость гильз кристаллизаторов, на которых ролики настраивались универсальным шаблоном, в 1,4–1,8 раза выше, чем у кристаллизаторов, настроенных прежними шаблонами, и в 2–2,2 раза выше гарантийной стойкости.

*Про освоение технологии производства непрерывнолитой заготовки колесных марок стали согласно требованиям 1-й категории (Ø450–470 мм) на ООО «МЗ «Днепросталь» доложил инженер-технолог по непрерывной разливке стали Катрич А. А. В докладе отмечен существенный ежемесячный рост в 2016-17 годах непрерывнолитой заготовки колесных марок сталей при одновременном повышении качества (снижении отбраковки железнодорожных колес (ж/к) по результатам ультразвукового контроля (УЗК)). Эти результаты достигнуты за счет мероприятий при выплавке в дуговой сталеплавильной печи (ДСП) (снижения остаточного содержания кислорода в стали, ограничения количества алюминия при раскислении стали во время выпуска) и в процессе обработки металла на установке ковш-печь. Кроме того, внедрены дополнительные мероприятия, регламентирующие ограничение применения сталеразливочных ковшей стойкостью менее 3-х плавов, а так же ограничение времени внепечной обработки не более 200 мин; увеличение доли ферросплавов и углеродсодержащих материалов, подаваемых во время выпуска стали из ДСП; ограничение по приросту фосфора не более 0,005 %, по содержанию серы не более 0,007 %; время рафинирующей продувки не менее 15 мин. В процессе разливки на МНЛЗ увеличена длительность времени сушки промковшей до 6 часов; ограничено содержание водорода в жидкой стали в промковше не более 2 ppm; обеспечен контроль подачи ШОС в кристаллизатор; увеличено время замедленного охлаждения НЛЗ в термокарманах до 72 часов.*

*С докладом «Оптимизация технологии раскисления полуспокойных марок стали с использованием*

*данных об активности растворенного кислорода в условиях мартеновского цеха» выступил инженер-технолог технического управления ПАО «Арселор-Миттал Кривой Рог» Зайцев А. П. В сентябре 2016 года ТУ выполнило экономическую и технологическую проработку необходимости закупки для мартеновского цеха (МЦ) прибора «Sensor lab» фирмы Heraeus для контроля окисленности металла на выпуске и в ковше. Цель: оптимизация расхода ферросплавов за счет контроля окисленности металла перед выпуском и в ковше; повышение качества металла за счет получения стабильного содержания марганца и кремния в готовой стали. Узким местом в технологии раскисления плавов в МЦ являлся расчет количества алюминийсодержащих материалов и раскислителей, подаваемых в ковш. Расчет производился исходя из концентрации углерода в металле на выпуске без привязки к содержанию растворенного кислорода в металле. Данный факт существенно влиял на корректность раскисления металла в сталеразливочном ковше и угар ферросплавов. При выплавке полуспокойных марок стали (более 95 % выплавляемого сортамента) отмечалось нестабильное содержание химических элементов с максимальным диапазоном колебания в готовой стали по марганцу и по кремнию, а также значительное колебание окисленности металла в ковше, фиксируемой по результатам разливки плавов, по поведению металла в изложницах. С помощью прибора было установлено, что снижение брака происходит при содержании кислорода в стали менее 45 ppm. Оптимизирован расход ферросплавов до пределов, обеспечивающих получение заданного содержания легирующих элементов в готовой стали. Установлен необходимый расход алюминия для достижения оптимального содержания кислорода в стали после ее раскисления. Стало возможно обеспечить контроль температурного режима ведения плавки в агрегате и в сталеразливочном ковше, контролировать и влиять на процесс раскисления стали, а также при необходимости производить оперативную корректировку окисленности металла в изложнице.*

Ожидаемый экономический эффект составляет 1,25 \$ на тонне стали.

Доклад инженера-технолога технического управления ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» Григоровского А. В. «*Сталеплавильный процесс в режиме «смайт-онлайн»* посвящен идее постоянного корректного информирования технологического персонала о состоянии производства. Было создано программное обеспечение (информационная система), которое позволяет собирать всю необходимую информацию от разных приборов и из различных систем, представить ее в удобной форме (инфографика, информационные таблицы, графики и др.). Система охватывает миксерное, шихтовое, конвертерное, разливное и стриперное отделения, отделения непрерывной разливки стали (ОНРС). Позволяет мгновенно и за любой период времени идентифицировать отклонения технологических параметров плавки от регламента технической документации (ТД). Параметры для анализа могут корректироваться при помощи SGM (матрица марки стали). Модели шихтовки и раскисления позволяют оптимизировать процесс продувки плавки, снизить количество додувок, расход сыпучих материалов, увеличить выход годного. Использование в сталеплавильном процессе технологий «смайт-онлайн» приводит к получению ряда выгод. Онлайн информирование руководства и персонала о текущей ситуации способствует быстрому принятию решений; созданию базы для планирования и организации работы; ведению и накоплению отчетности, быстрому анализу данных, выявлению отклонений от регламента технологии; оперативному добавлению новых марок в систему.

Об опыте применения лазерных сканеров для оценки остаточной толщины огнеупорной футеровки конвертеров и стальной доломитики доложил Федорук М. Е., начальник отдела по огнеупорным материалам департамента по качеству ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». До внедрения проекта состояние футеровки конвертеров конвертерного цеха в процессе их эксплуатации оценивалось по результатам визуального осмотра. Для правильного определения состояния огнеупорной кладки агрегатов требовалась высокая квалификация, хорошее зрение и достаточный опыт. Отсутствие точной информации об остаточной толщине футеровки конвертеров влекло за собой увеличение расхода огнеупорных материалов на горячие ремонты, преждевременный вывод сталеплавильных агрегатов из эксплуатации для смены футеровки, возникновение аварийных ситуаций. В результате анализа рынка оборудования, опыта родственных предприятий («АрселорМиттал Темиртау», «АрселорМиттал Польша») в 2011 году был заключен контракт с компанией «Minteq» на поставку двух систем лазерного сканирования компании «Minteq-Ferrottron» – LaCam-M 122 и LaCam-M 123. Достигнуты следующие результаты по конвертерам. Рекордная стойкость на конвертере № 6: 4340 плавки (план 3200); 250 суток в эксплуатации; снижение затрат на огнеупоры на 21,2 %. Рекордная стойкость на конвертере № 3: 4415 плавки (план 3200); 241 сутки в эксплуатации; снижение затрат на огнеупоры на 26,4 %. Средняя стойкость за

2017 год составила 3691 плавку (+ 417 плавки к плану) (+12,7 %). С целью увеличения стойкости сталеразливочных ковшей ОНРС (средняя стойкость в 2017 году составила 58 плавки вместо плановых 60, имели место остаточная толщина – 50 мм, множественные трещины) стало актуально приобретение современного лазерного сканера. В результате сравнения технических характеристик сканеров FERROTRON, Process Metrix, PUTEDY и опыта предприятий группы Arcelor Mittal выбран для условий АМКР стационарный сканер Process Metrix в стандартном 10 feet-контейнере. При введении в эксплуатацию МНЛЗ № 2 и № 3 можно будет проводить оценку всего парка ковшей. За счет применения сканера ожидается увеличение стойкости футеровки стальной доломитики МНЛЗ на 10 плавки; уменьшение количества покупаемых футеровок на 22 единицы. Экономический эффект ~250 тыс. \$ в год (0,21 \$/т стали). При вводе в эксплуатацию МНЛЗ № 2 и № 3 эффект утроится.

О реконструкции сталеплавильного производства ПАО «Запорожсталь» со строительством комплекса по производству горячекатаных рулонов рассказал заведующий группой сталеплавильного отдела ГП «Укрспроммет» Андриенко А. В. Комплекс по производству горячекатаных рулонов производительностью 5 млн. тонн в год будет состоять из конвертерного отделения, отделения литейно-прокатных модулей и вспомогательных производств.

Про современное состояние и перспективы развития альтернативных процессов производства черных металлов рассказал доцент кафедры металлургии стали НМетАУ, канд. техн. наук Мамешин В. С. К настоящему времени разработано множество альтернативных процессов получения черных металлов, которые различаются как принципами действия, так и применяемым агрегатом. В самом общем виде «альтернативные» процессы производства черных металлов разделены на 4 группы: 1 – производство железа прямого восстановления в агрегатах твердофазного восстановления и переработка его в электропечах; 2 – производство углеродистого полупродукта в агрегатах жидкофазного восстановления и переработка его в конвертерах; 3 – прямое получение стали, из руды; 4 – переработка жидкого чугуна в сталеплавильных агрегатах непрерывного действия. В докладе отмечено, что за последние 50 лет производство железа прямого восстановления выросло в 92 раза, а с 2000 года оно увеличилось в 1,66 раз. В первую очередь это связано с ростом доли электросталеплавильного производства и нехваткой качественного металлолома, используемого в качестве сырья в электродуговых печах. Сущность процессов второй группы заключается в восстановлении железосодержащих материалов энергетическим углем при температурах 1400–1600 °С с получением жидкого углеродистого полупродукта близкого по химическому составу к передельному чугуну. В настоящее время в мире действует 7 установок Cogex (2 – Китай, 4 – Индия, 1 – ЮАР) суммарной годовой производительностью около 7 млн т, 3 установки Finex (2 – Корея, 1 – Индия) годовой производительностью около 3,5 млн т. Ранние разработки процессов прямого

получения стали из руды проходили в 60-80-ые года прошлого века. К ним относятся процессы Цикло-сталь, кипящего шлакового слоя (КШС), Руда-Сталь и некоторые другие. Однако ни один из них не дошел до стадий промышленного внедрения. Это было связано с проблемами как стойкости футеровки, так и недостаточными технико-экономическими показателями процессов. Несмотря на это, разработка процессов прямого получения стали не прекращается. В настоящее время они направлены на переработку железосодержащих материалов (шламов, окалины, руды) в сталь. Непрерывные процессы производства стали из жидкого чугуна (четвертая группа) базиру-

ются на идее разделения технологического процесса на отдельные звенья и создание оптимальных условий протекания процесса в каждом из них. Они были опробованы, в том числе и в виде промышленных установок с различным конструктивным и технологическим оформлением. Однако, вследствие сложностей в управлении непрерывным технологическим процессом, высокого расхода огнеупоров, низких экономических показателей и, самое главное, появления и бурного роста процессов внепечной обработки стали, непрерывные процессы не смогли конкурировать с кислородно-конверторным процессом и в настоящее время практически не применяются.