

1-Й БЕЛОРУССКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ФОРУМ

Е. И. МАРУКОВИЧ, директор ИТМ НАН Беларуси,
чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

Мировое производство металла постоянно растет и, несмотря на значительные увеличения производства пластмасс, занимает лидирующее положение. Производство стали в 2007 г. достигло 1345 млн. т (рис. 1). Ежегодный прирост выпуска стали в последние годы происходит в основном за счет Китая (рис. 2), который ежегодно добавляет около 20%. Сегодня Китай производит 37% мировой стали (рис. 3). Азиатский регион к 2020 г. еще более упрочит свои позиции и по прогнозам займет более 65% рынка (рис. 3).

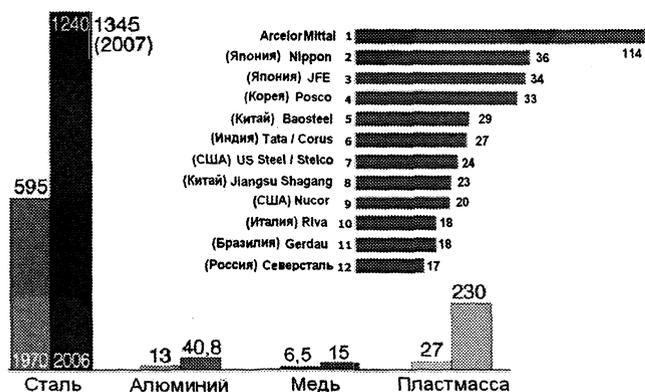


Рис. 1. Объем мирового производства, млн. т

Несмотря на значительный рост производства стали, мировые цены на металлопродукцию в последнее время растут скачкообразно (рис. 4). Это связано с резким повышением цен на металлургическое сырье (лом, руду, коксующийся уголь) и энергоносители. В мировом производстве, потреблении и торговле сталью можно выделить пять регионов (рис. 5). Регион Юго-Восточной Азии наиболее активно обменивается внутри. Страны СНГ большую часть металлопродукции экспортируют, что говорит о сырьевой направленности экономики.

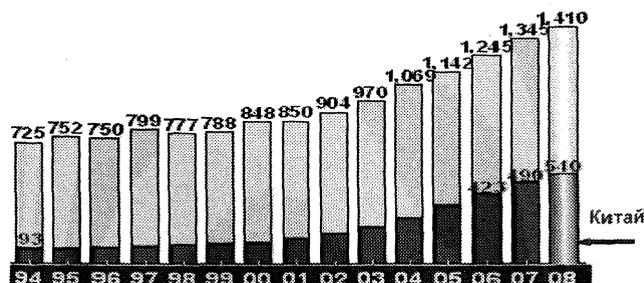


Рис. 2. Мировой рост производства стали, млн. т

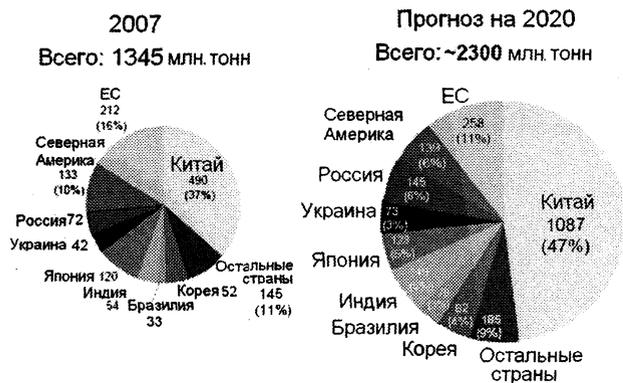


Рис. 3. Страны-производители стали

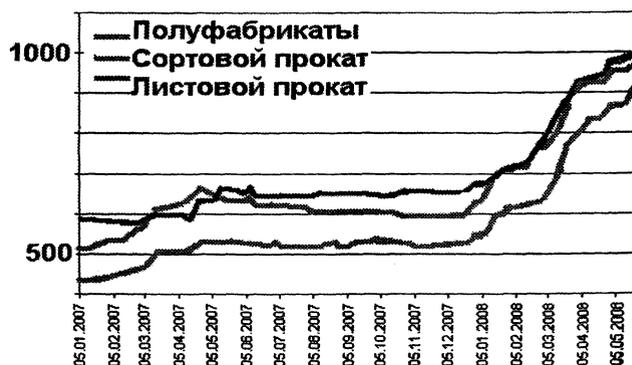


Рис. 4. Средние мировые цены на сталь, долл./т

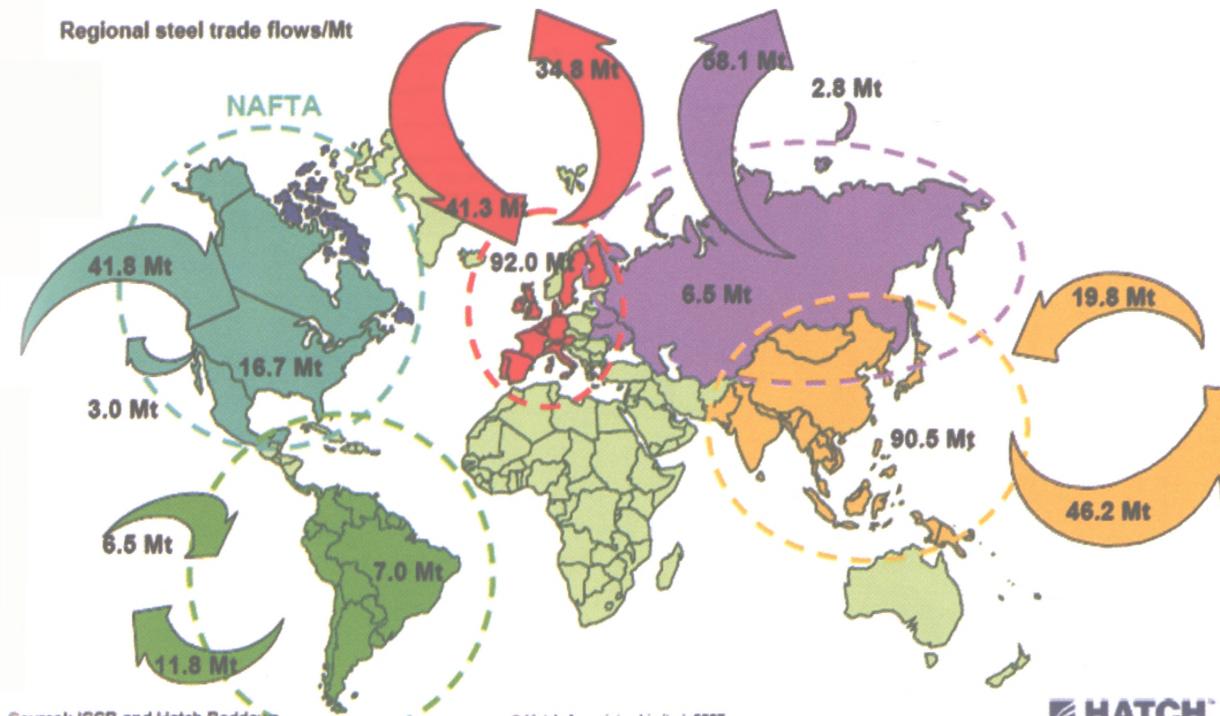


Рис. 5. Особенности мировой торговли сталью

США и Европа, наоборот, импортируют металл для динамично развивающегося производства.

В последние десятилетия металлургическая отрасль достигла значительных успехов (рис. 6). Однако до идеального металлургического процесса еще далеко (рис. 7). В выплавке стали пока доминирует доменный процесс (70% производства) (рис. 8).

Однако заказчики в последнее время к производителям предъявляют противоречивые требования: требуют поставки стали более высокого каче-

ства по более низким ценам, малыми партиями с короткими сроками поставки. Поэтому в странах с развитой промышленностью будет расти доля заводов, переплавляющих лом в электропечах, и сокращаться доля заводов с полным циклом, где сталь получают переделом жидкого чугуна. Ожидают, что к 2020 г. заводы с полным циклом будут выплавлять не более 30% стали.

1. Вторичная переработка. Объем ежегодной вторичной переработки стали превышает вместе взятые объемы всех остальных материалов, включая алюминий, стекло, бумагу. Например, в прошлом году объем стального лома в произведенной стали составлял более 25%, а в США – более 50%. В ближайшие годы только 10–15% стали будут выплавлять с использованием жидкого чугуна.

2. Уменьшение затрат энергии. Например, в США удельные расходы энергии на 1 т стали уменьшились на 29% по сравнению с 1990 г. Причем удельный расход энергии уменьшается с увеличением объемов производства.

3. Защита окружающей среды. За последние 10 лет выбросы в атмосферу и воду уменьшились на 90%. Более 95% воды, используемой для производства стали, возвращается в оборот, причем зачастую в более чистом состоянии, чем та вода, которая была взята первоначально.

Рис. 6. Достижения в металлургической отрасли

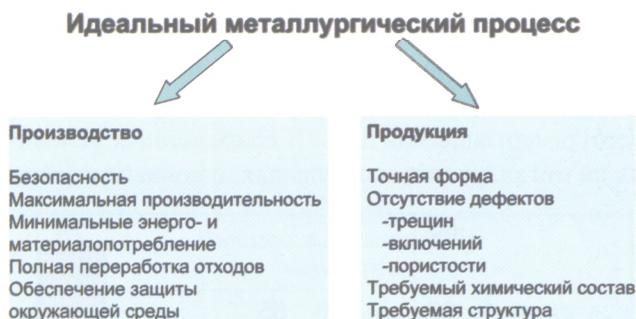


Рис. 7. Идеальный металлургический процесс

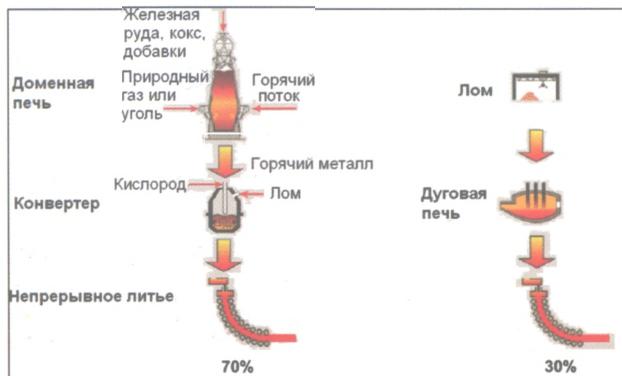


Рис. 8. Традиционные способы производства стали

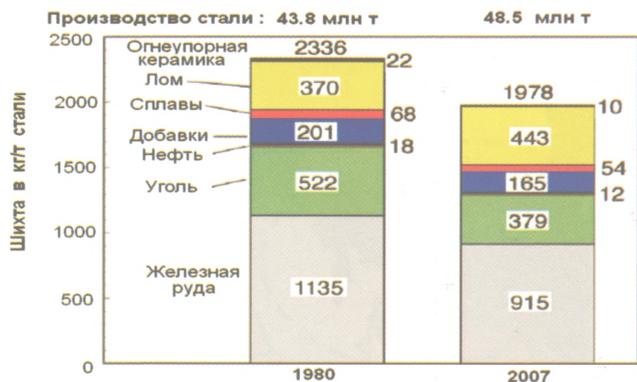


Рис. 9. Затраты шихты при производстве стали в Германии в 2007 г. по сравнению с 1980 г.



Рис. 11. Динамика удельного роста электростали в общем производстве стали в мире

Другая причина строительства электросталеплавильных комплексов связана с экологическими проблемами: выполнение требований по защите окружающей среды приводит к значительным затратам при производстве стали по схеме железная руда – перелыйный чугун – кислородный конвертер/мартеновская печь. В современных условиях на металлургических заводах с полным циклом

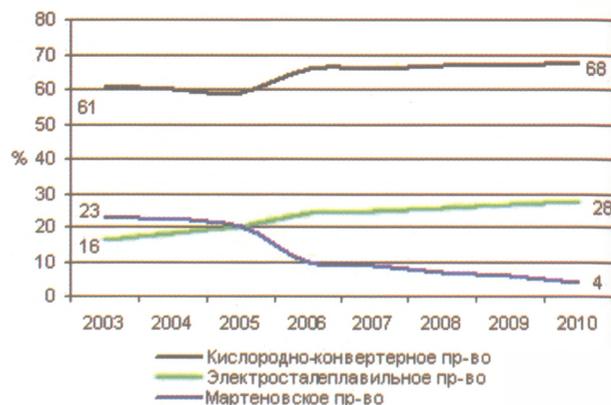


Рис. 10. Выплавка стали в России

не хватает средств на покрытие издержек на охрану окружающей среды при производстве перелыйного чугуна из руды и кокса в доменной печи. На заводе с годовой производительностью 1–2 млн. т не удастся покрывать все издержки на охрану окружающей среды.

За последние 20 лет удалось значительно снизить расходы шихтовых материалов на производство 1 т стали (рис. 9). Причем уменьшается расход железной руды, угля, а увеличивается потребление лома. Это напрямую связано с увеличением доли электроплавки (рис. 10, 11).

Электродуговые сталеплавильные печи (ДСП) наиболее эффективны и оптимально вписываются в проекты мини-заводов.

Однако они имеют существенные недостатки:

- интенсивные пыле- и газовыбросы, требующие дополнительных затрат на очистку;
- высокий уровень шума и вибрации;
- большой расход электродов и насыщение расплава графитом;
- значительный угар металла и легирующих элементов;

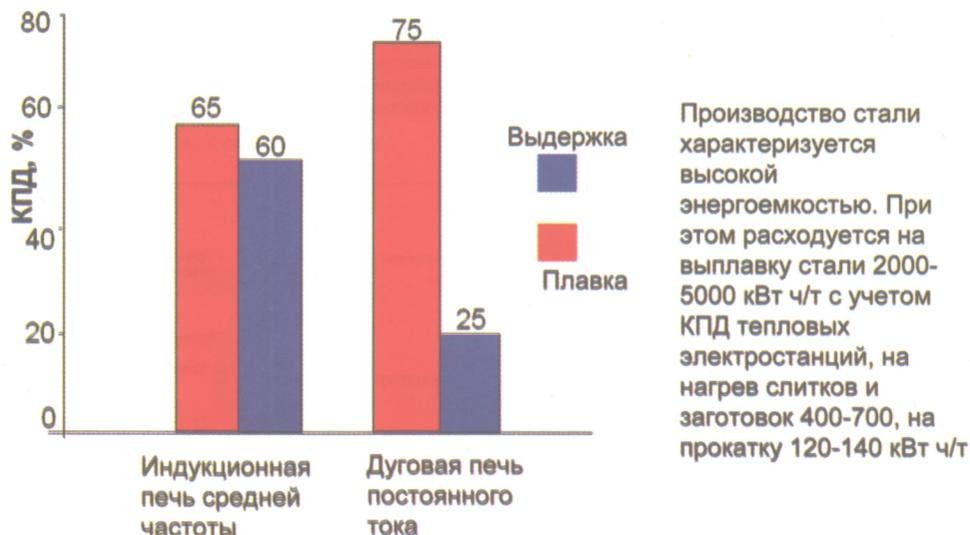


Рис. 12. Эффективность печей различного типа

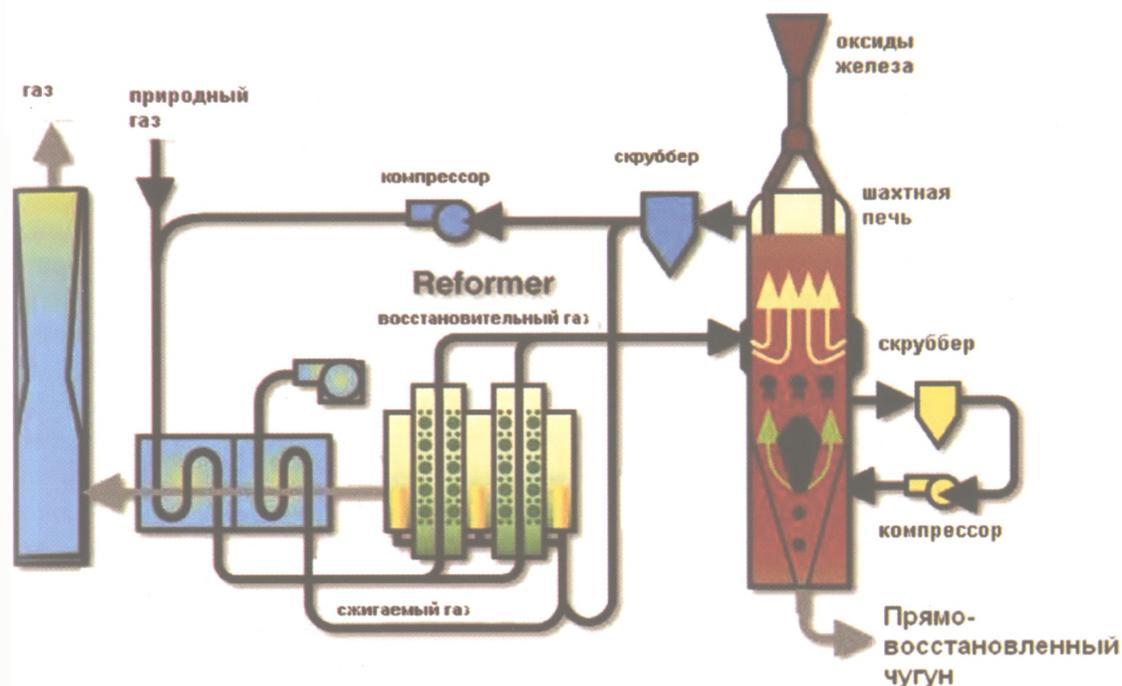
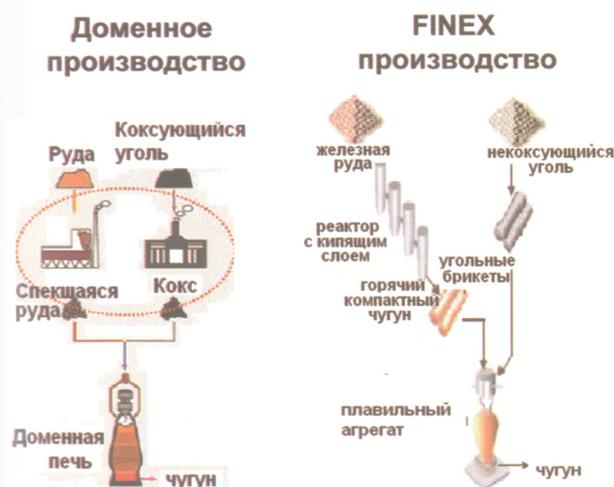


Рис. 13. Схема процесса прямого восстановления железа по технологии «MIDREX»



FINEX –технология прямого восстановления чугуна, разработанная Siemens и POSCO. Расплав чугуна производится непосредственно с использованием измельченной железной руды и некоксующегося угля вместо спекания и создания кокса, характерных для традиционных доменных печей. Расплавленный чугун производится в два этапа, разделяя функции восстановления и плавления.

Сравнение инвестиций и стоимости производства		
	доменная печь, %	FINEX, %
Инвестиции	100	80
Стоимость производства	100	85

Выброс загрязняющих веществ		
	доменная печь, %	FINEX, %
Оксид серы (SO _x)	100	3
Оксид азота (NO _x)	100	1
Пыль	100	28

Рис. 14

- ограничение использования мелкой шихты и стружки.

Поэтому получает развитие разумный компромисс – «дуплекс-процесс», когда низкокачественная шихта переплавляется в дуговых печах, а затем металл доводится в индукционных.

Индукционные печи более экономичны, особенно на стадии выдержки металла (рис. 12) и доведения химического состава, но требуют более качественной шихты.

В индукционных печах можно выплавлять чугун и сталь со 100%-ным содержанием стального

скрапа и стружки (самого дешевого шихтового материала) благодаря минимальному угару и хорошей возможности легирования. В дуговых печах использование стружки строго лимитировано из-за большого угара.

Развитие электросталеплавильного производства в направлении энергосбережения связано с идеей утилизации тепла отходящих печных газов для подогрева лома перед плавкой (газы уносят до 25% вводимой в печь энергии).

Развитие металлургии на базе процессов прямого восстановления железа является основной альтернативой металлургии полного цикла (рис. 13, 14). Для ускоренного развития данного производства имеются все необходимые предпосылки. В настоящее время эффективность технологий прямого восстановления выше, чем на большинстве предприятий с доменносталеплавильным переделом. Продукцию прямого восстановления можно эффективно использовать в доменном (окатыши) и электросталеплавильном (окатыши, брикеты

и паллеты) производствах. По качеству металла (содержанию примесей) эта продукция во много раз превосходит лом и чугун.

Успехи развития плавки напрямую связаны с совершенствованием методов контроля температуры (рис. 15, 16).

Один из путей снижения расхода энергоносителей – широкое освоение непрерывного литья (НЛ) стали (рис. 17). В настоящее время таким методом ведут разливку стали в Японии – 95%, США – 80, странах СНГ – менее 50%.

Перспективное развитие – переход от традиционной непрерывной разливки листовой и сортовой заготовки с последующей многостадийной прокаткой на непрерывную разливку литых заготовок с размерами, близкими к конечным, и на совмещение непрерывной разливки и прокатки тонких слябов и тонкой полосы с использованием литейно-прокатных модулей, в том числе и в валковые кристаллизаторы (так называемая бесслитковая прокатка) (рис. 18). Технология осно-



Классические технологии оптической термометрии (КОТ) обладают следующими недостатками:

- неприменимы при случайно изменяющихся параметрах излучательной способности контролируемого объекта и пропускания промежуточной среды
- не обеспечивают термоконтроль закрытых объектов.

Световодные технологии (СТ) основаны на формировании и передаче через световодное устройство излучения, термометрические параметры которого однозначно связаны с температурой контролируемого объекта.

Рис. 15. Непрерывный контроль температуры

Непрерывный световодный контроль температуры металла в индукционных плавильных, миксерных и раздаточных печах обеспечит:

- снижение расхода электроэнергии на **10–40%**;
- снижение угара шихтовых материалов на **10–20%**;
- снижение брака «по температуре» на **20–60%**;
- повышение ресурса футеровки на **20–90%**;
- увеличение производительности плавильных печей на **20–30%**.

Рис. 16. Световодный контроль температуры в металлургических и нагревательных печах

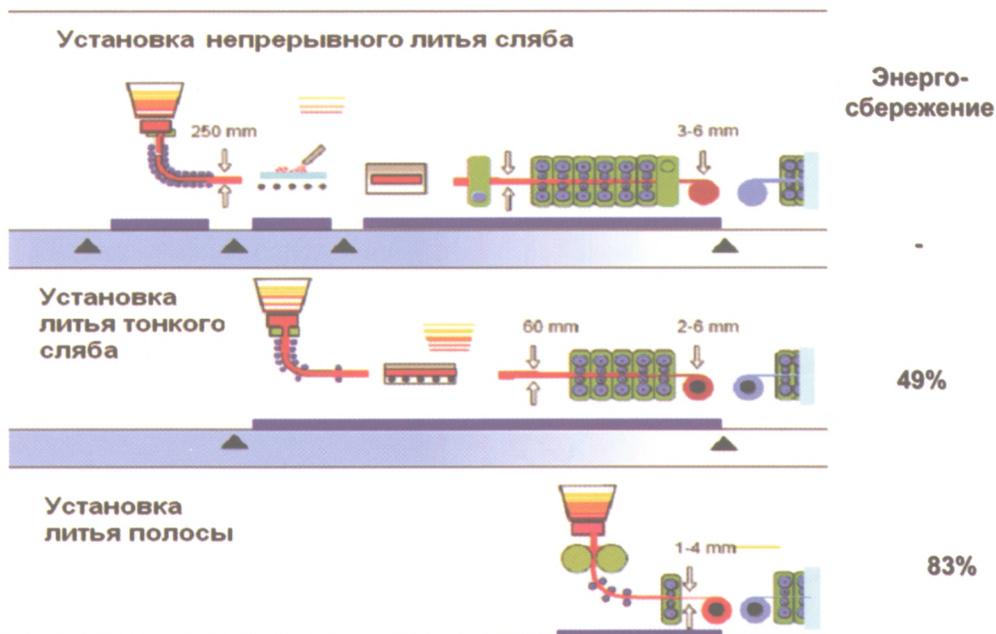


Рис. 17. Процесс разливки 3-го тысячелетия

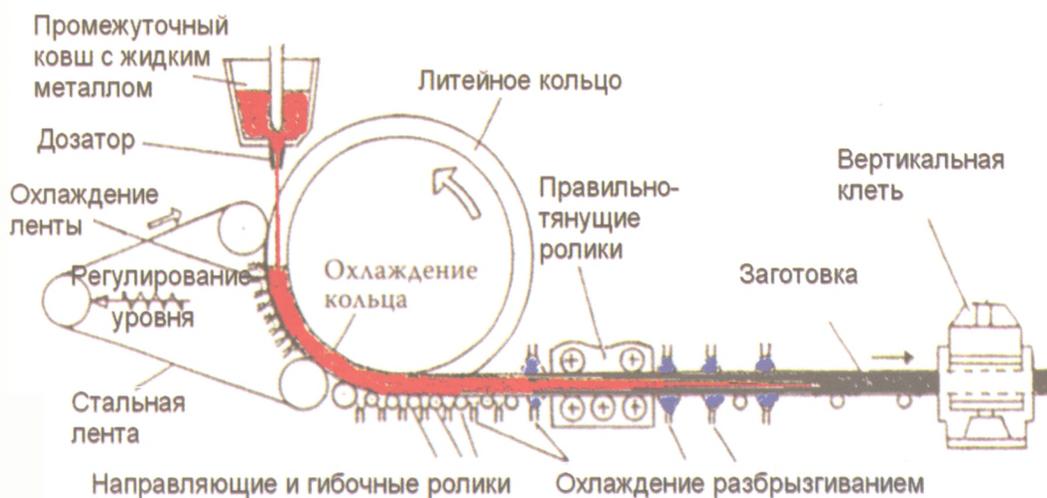
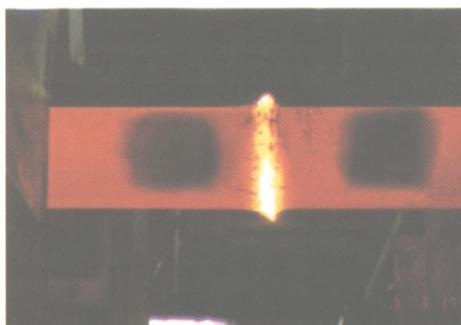


Рис. 18. Литейно-прокатный агрегат колесо-лента

Сварной шов после соединения заготовок



Сварной шов после обработки

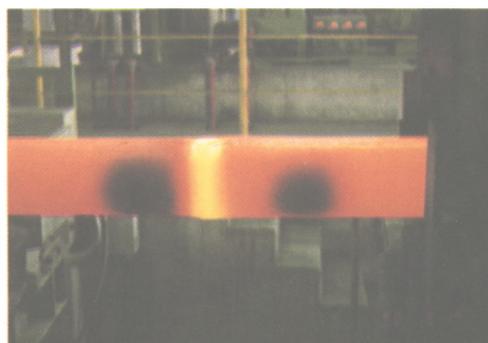


Рис. 19. Сварка заготовок при бесконечной прокатке

вана на совмещении процессов затвердевания и деформации сляба с жидкой сердцевиной и последующей прокатки сляба с высокой температурой непосредственно после полного затвердевания:

- капитальные затраты снижаются на 30 %;
- текущие – на 50%;
- себестоимость – на 25%.

В области прокатки развитие идет в направлении увеличения массы сляба (до 40 т) и снижения конечной толщины листа до 1,5–1,0 мм.

Создаются высокопроизводительные трехклетевые станы горячей прокатки, обеспечивающие прокатку сверхтонкой полосы (толщиной до 1 мм) со свойствами холоднокатаного металла.

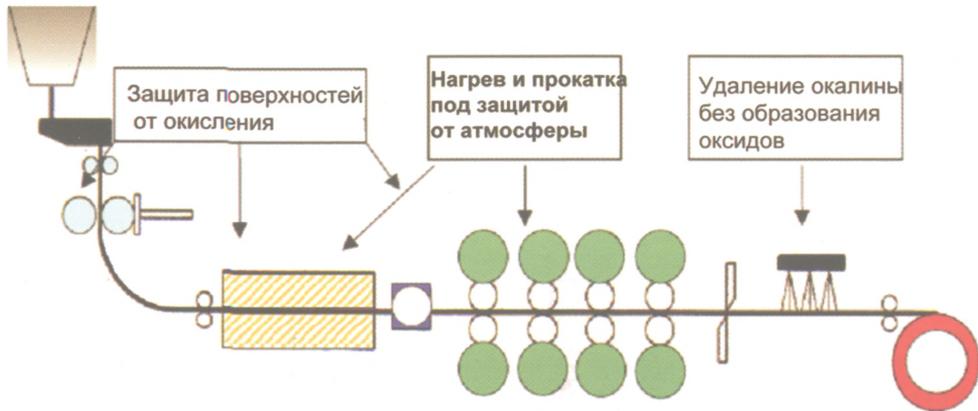


Рис. 20. Разливка с защитой от образования оксидов

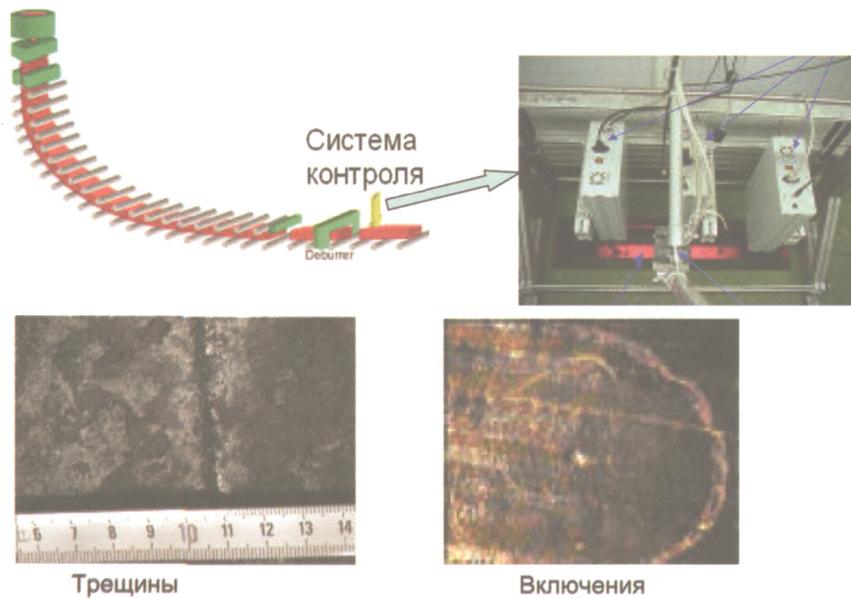


Рис. 21. Автоматический контроль качества



Рис. 22. Автоматический контроль качества параметров готовой продукции

Наиболее выгодна бесконечная прокатка, основанная на последовательной стыковке заготовок сваркой плавлением (рис. 19), которая позволяет обеспечить непрерывную подачу металла в прокатный стан, рост производительности, повышение выхода годного, уменьшение износа деталей стана, сократить затраты.

Повышение качества металлопродукции – это в первую очередь борьба с образованием оксидов на всех переделах (рис. 20) и непрерывный, автоматический контроль и управление качеством (рис. 21–23).

Особое важное место занимают исследования и разработки, направленные на повышение производительности и стабильности процесса разливки стали на МНЛЗ (рис. 24).

Повышение качества стального слитка тесно связано с разработкой новых эффективных процессов модифицирования (рис. 25).

Современные тенденции развития мировой металлургии имеют ряд интегральных критериев (рис. 26).

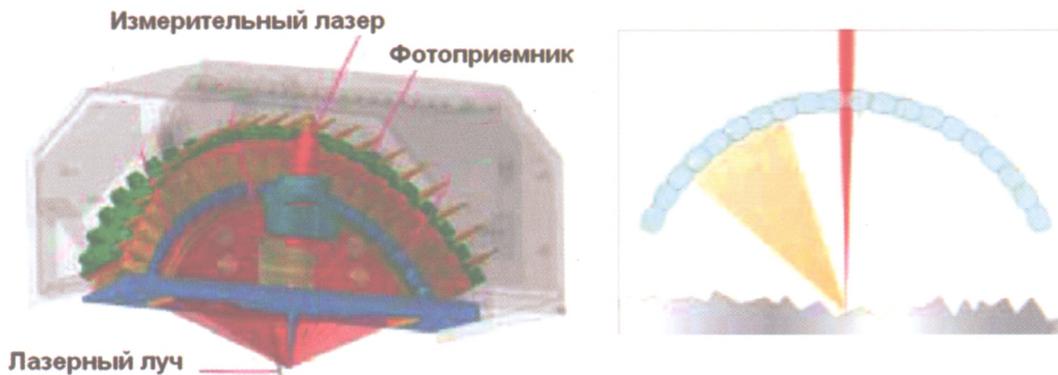


Рис. 23. Скоростная система измерения шероховатости поверхности

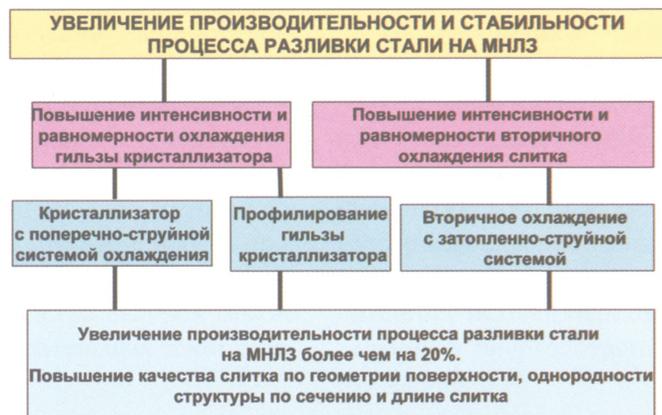


Рис. 24.



Рис. 25.

- Глобализация потребления, производства и торговли стали
- Усиление роли азиатского региона
- Интеграция науки, образования и производителей
- Переход к более эффективным способам производства стали
 - Снижение доли доменного процесса
 - Увеличение производства прямого восстановления железа
 - Экспансия электроплавки
 - Совмещение процессов непрерывной разливки и бесконечной прокатки
- Тенденции
 - Снижение затрат
 - Экологическая безопасность
 - Полная переработка отходов
 - Автоматизация производства
 - Непрерывный контроль и управление качеством

Рис. 26. Интегральные критерии