



The development of steel plant No 1 of RUP «BMZ» in dynamics of 25 years is shown.

В. И. ДЬЯЧЕНКО, В. В. ПИВЦАЕВ, С. Л. КАРПОВ, РУП «БМЗ»

УДК 669.

## ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ЦЕХА № 1

На территории Республики Беларусь (Гомельская обл., г. Жлобин) находится одно из самых современных предприятий черной металлургии стран СНГ РУП «Белорусский металлургический завод». Дата рождения завода отсчитывается от первой выпущенной плавки в 1984 г. из электродуговой 100-тонной печи. В то время в состав электросталеплавильного цеха входили две электродуговые установки емкостью 100 т каждая, снабженные трансформаторами мощностью по 75 МВА с плавным регулированием рабочего напряжения посредством переключения 25 ступеней, две установки по доводке металла и две машины непре-

рывной разливки стали с получением заготовки квадратного сечения 125×125 мм [1] (рис. 1). В 2003 г. завод ввел в эксплуатацию в ЭСПЦ-1 установку «печь-ковш».

Уже в 80-е годы, а именно 25 лет назад, была реализована концепция электросталеплавильного производства, коренным образом отличающаяся от классической. Эта концепция, связанная с изменением технологии плавки и конструкции дуговых печей, была направлена на решение трех основных задач: повышение производительности, оптимизацию электропотребления, снижение расхода электродов и, тем самым, себестоимости выпускаемой



Рис. 1. Технологическая схема сталеплавильного цеха № 1

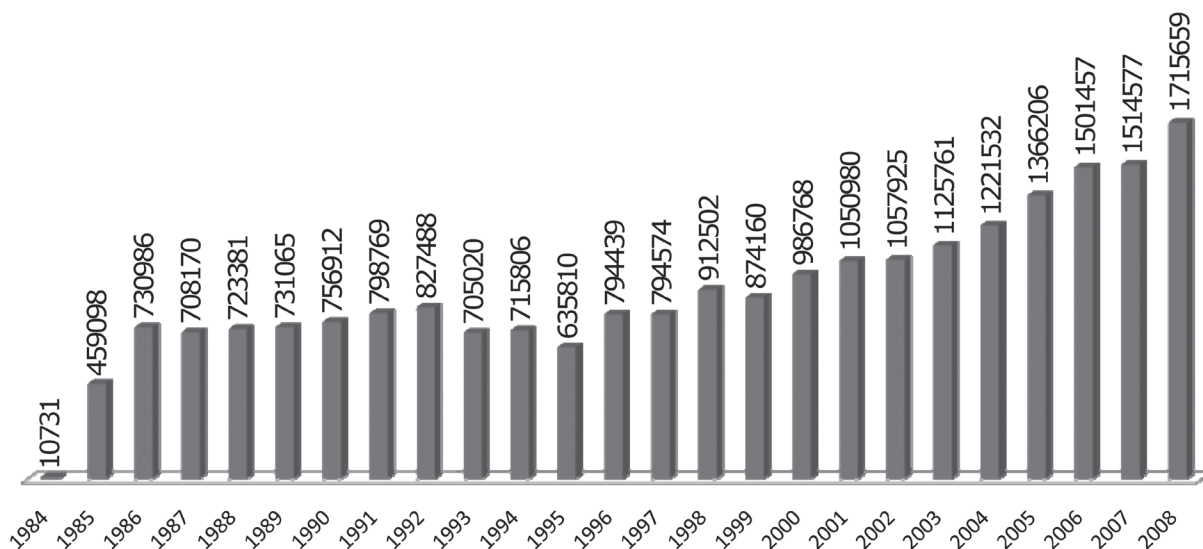


Рис.2. Производство НЛЗ в ЭСПЦ-1 с 1984 по 2008 г.

продукции. Основная концепция производства выпускаемой продукции с динамикой по годам приведена на рис. 2.

Производство стали в электропечах не требует наличия жидкого чугуна, печи работают полностью на 100%-ной твердой шихте с применением двух–трех завалок-подвалок. Классический способ производства [2] изменился коренным образом: применяется окислительный период, а восстановительный период по удалению вредных примесей с раскислением жидкого полупродукта перенесен в ковшевой процесс, вне агрегата. Именно в условиях РУП «БМЗ» впервые в практике электросталеплавления на постсоветском пространстве в промышленных масштабах внедрена новая концепция плавки высшего уровня в ДСП.

Высшая технология предусматривает приспособление печи к работе с максимальной мощностью трансформатора, применение водяного охлаждения стеновых панелей, свода, электрических консолей с минимальным электрическим сопротивлением компенсаторов реактивной мощности, предполагает максимальное быстроедействие механизмов самой печи и всего вспомогательного оборудования. Полностью исключает любые технологические операции, которые можно выполнить вне печи после выпуска, а также любые виды ожидания из-за синхронизации технологических этапов.

Основные признаки технологии электроплавки высшего уровня.

1. Электропечь предназначена лишь для расплавления шихты и выплавки жидкого полупродукта, все рафинировочные операции, легирование, доводка металла по химическому составу и температуре осуществляются вне печи методом ковшевой металлургии.

2. Жидкий старт, под этим термином понимают начало плавки, в которой используется остаток расплава от предыдущего цикла. Оставленная часть металла и шлака в печи имеет свои собственные существенные достоинства:

а) остаток металла закрывает подину печи, защищает ее от опасности воздействия ударов тяжеловесного лома, прожогов мощными дугами и позволяет в течение 2–3 мин выйти на предельную мощность;

б) наличие оставленного шлака облегчает шлакообразование, прикрывает электрическую дугу, способствует стабильному горению дуги;

в) обеспечивается возможность эффективной подачи кислорода с самого начала плавки.

3. Применяется одношлаковая технология электроплавки. Появление этой технологии связано с увеличением мощности трансформатора и применением мощных средств внепечного рафинирования.

4. Максимальная вводимая мощность самой дуги в течение всего периода плавления, максимальное заполнение объема печи шихтой, что минимизирует тепловые потери излучением на стены.

5. Применение топливно-кислородных горелок в холодных зонах печи с переходом на инъекцию кислорода и одновременного вдувания углерода однозначно ускоряет процесс плавления.

6. Постоянная работа агрегата на вспененных шлаках позволяет экранировать электрическую дугу и применять длинные дуги, защищать футеровку печи и водоохлаждаемые панели.

С усложнением технологии и сокращением длительности плавки обслуживающему персоналу труднее своевременно и адекватно реагировать на текущую информацию о ходе процесса и состоя-

ния оборудования. Комплексная автоматизация и оптимизированное управление, включающее регулирование электрических параметров дуги и перемещение электродов, расчет оптимальных расходов кислорода, топлива, шлако- и пенообразующих присадок, режим использования горелок, вдувание кислорода, водяного охлаждения, давления под сводом, ввода материалов в печь и др., должны быть направлены на сокращение потерь времени для принятия оперативных решений как неотъемлемое условие максимальной производительности и минимальных энергозатрат. Мгновенные расчеты энергетического и материальных балансов возможны лишь на базе современной вычислительной техники. На печах ЭСПЦ-1 успешно внедрена система алгоритмов и математических моделей с пакетом прикладных программ «Оракул», разработанных сотрудниками Донецкого государственного университета. Опробывание элементов системы «Оракул» в реальном времени на ДСП в режиме непрерывного прогноза химического состава и температуры продуктов плавки осуществлено в 2001 г. [3].

Испытания с ручным вводом информации подтвердили их достаточную точность для использования в качестве основы системы управления плавкой. При использовании в качестве «советчика» система позволяет существенно снизить затраты на легирование, уменьшить число проб и замеров

температуры, оптимизировать структуру технологического процесса. Все эти годы специалисты ЭСПЦ-1 безотказно принимали, делились опытом и передавали производственные навыки технологий высокого уровня коллегам предприятий СНГ.

Дуговые печи РУП «БМЗ» изготовлены по лицензии фирмы «Крупп», где конструкция агрегатов, как и технология плавки, постоянно развиваются и совершенствуются. Так, начиная с 1987 г. впервые в практике современной отечественной электрометаллургии была реконструирована и введена в эксплуатацию система внецентрового донного (эркерного) выпуска стали из ДСП-2. Новая конструкция позволила снизить поглощение газов во время выпуска жидкого полупродукта и потери тепла, производить отсечку шлака. Это послужило толчком для переоборудования аналогичных печей отрасли. Также в условиях ЭСПЦ-1 на ДСП-2 проведены испытания систем донной продувки металла инертными газами. «Скрытая» система продувки, предложенная фирмами VRD и «Техком», предусматривала продувку через специальные устройства подачи газа – канальные огнеупорные фурмы. С 2000 г. донная система успешно изучена и внедрена, работает не только на РУП «БМЗ», но и на других предприятиях стран СНГ и дальнего зарубежья.

На рис. 3 показана диаграмма модернизации на ДСП-2.

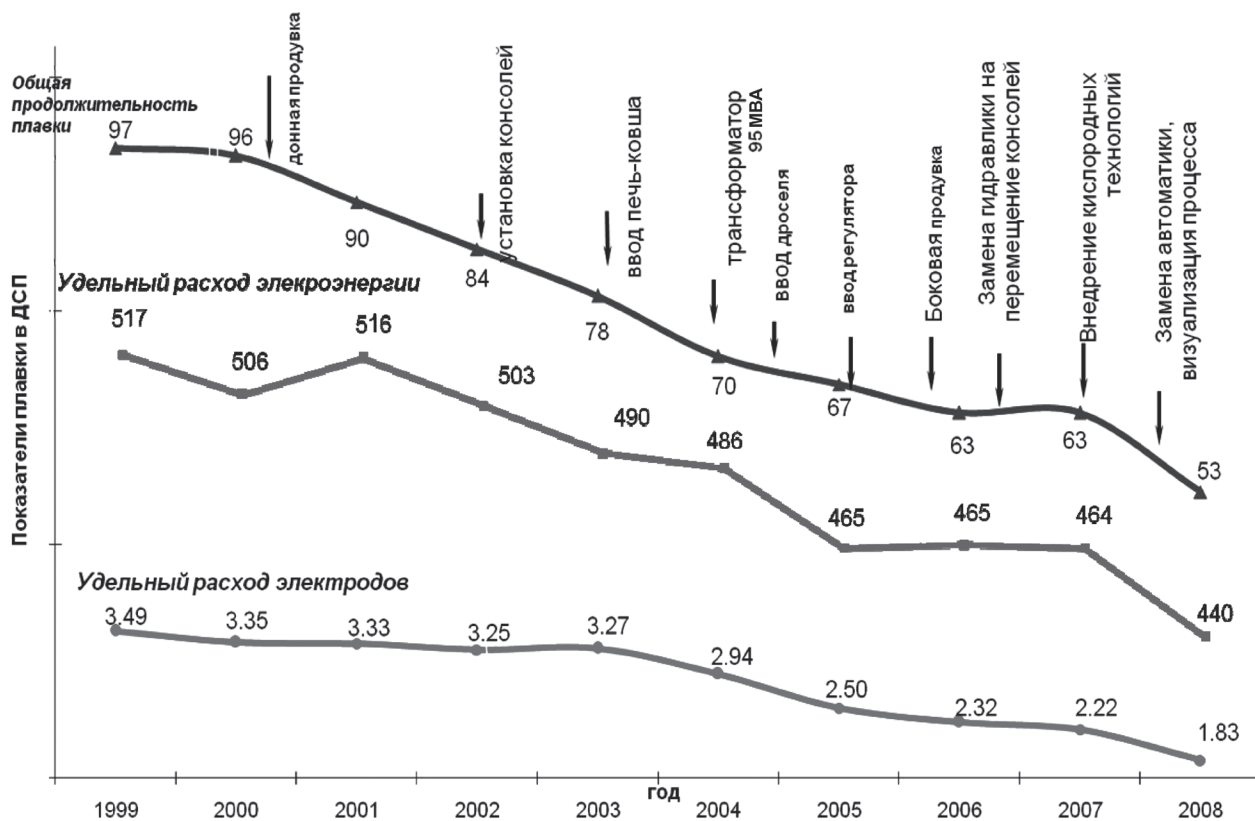


Рис. 3. Влияние модернизации ДСП-2 на удельные показатели

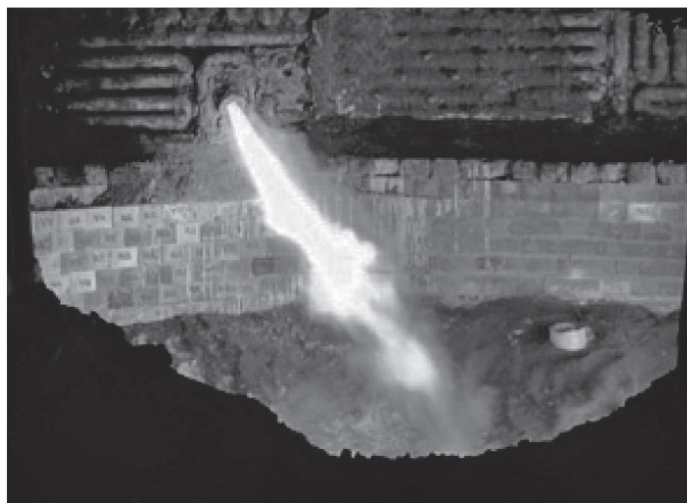
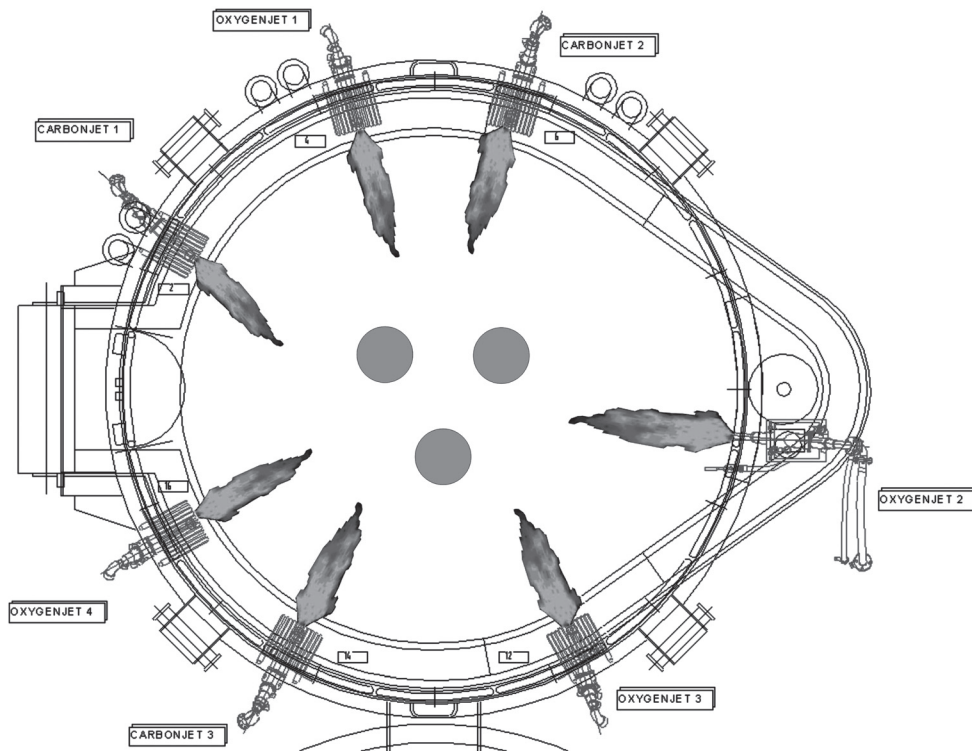


Рис. 4. Работа горелки в пространстве печи

Так, в 2007 г. совместно с фирмой «Даниели» для интенсификации процесса выплавки стали внедрили модульную систему, представляющую собой высокоинновационный процесс. Разработана модульная система для оптимизации подачи природного газа, кислорода и угольной пыли, уменьшения воздействия на экологическую обстановку отходящих газов.

Технология ведения плавки с применением донной системы заключается в добавлении энергии от экзотермических реакций к энергии электрической дуги и включает в себя оборудование, необходимое для подачи (инъекции) кислорода, природного газа и угольной пыли из фиксированных точек в каркасе ДСП. Модульная систе-

ма состоит из четырех инжекторов кислорода OXYGENJET Mk III с функцией газокислородной горелки, работающей по принципу  $O_2 + CH_4/O_2$  с переходом-инжекцией кислорода; трех углеродных инжекторов CARBONJET Mk III с функцией газокислородной горелки, работающей по принципу  $O_2 + CH_4/C$  с переходом-инжекцией углерода. Работа фаз горения кислородных инжекторов для предварительного разогрева металлошихты, подрезки лома и окисления примесей в расплаве металла приведена на рис. 4.

Все перечисленные выше мероприятия по модернизации оборудования с применением (вводом) установки «печь-ковш», выплавка стали на трансформаторах 95МВА позволили за 25 лет повысить

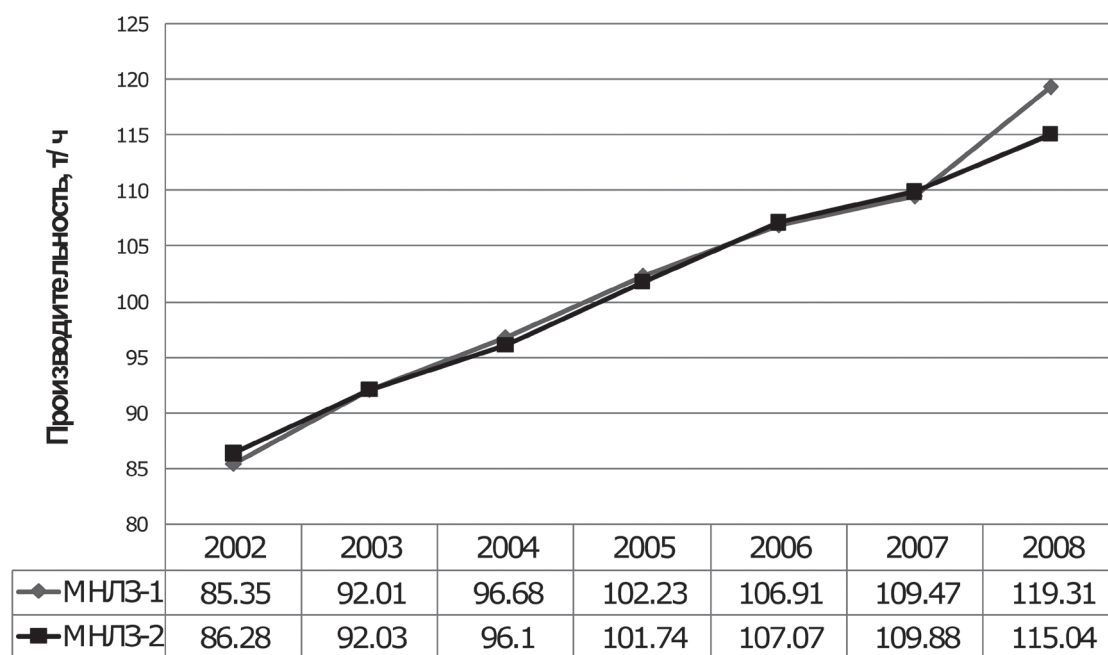


Рис. 5. Динамика производительности МНЛЗ-1,2

производительность с 720 000 т до 2 000 000 т стали в год.

Как отмечалось выше, развитие сталеплавильного цеха без модернизации в непрерывной разливке не представляется возможным.

Долгое время скоростной режим вытягивания сформировавшейся заготовки сдерживался наличием поверхностных дефектов, высоким уровнем центральной пористости и это как бы было существенным резервом увеличения производительности МНЛЗ.

Причиной возникновения поверхностных дефектов в кристаллизаторе является значительное снижение теплоотода из-за возникновения газового зазора между стенкой кристаллизатора и оболочкой заготовки.

Попытка увеличить производительность МНЛЗ с улучшением качественных показателей макроструктуры не увенчалась бы успехом без конструктивных мероприятий. Первое мероприятие – это изменение конструкции промковша, где емкость повысилась от 12 до 19 т, разработан новой конструкции металлоприемник, позволяющий поддерживать уровень металла в промковше не менее 650 мм.

Основным направлением было увеличение теплоотода в кристаллизаторе и зонах вторичного охлаждения. В 2007–2008 гг. модернизации подверглась вся система охлаждения контуров МНЛЗ-1,2: замена насосов первичного охлаждения, теплообменника; трубопроводов замкнутого контура на нержавеющую трубу; регулирующих пневмоклапанов зон вторичного и пневмоклапанов охлажде-

ния кристаллизатора; увеличение количества сопел в зоне «В».

Таким образом, расходы воды на кристаллизатор увеличились от 1300 до 2000 л/мин, поддерживаются в автоматическом режиме и зависят от «дельта» температуры.

Третьим направлением явилось использование гильз кристаллизаторов переменной конусности с увеличением протока воды до 12 м/с. Запас интенсивности теплоотода стал вполне достаточным для предотвращения закипания воды, практически исключены потери ручьев по подвисанию и вывода гильз по изменению внутренних геометрических размеров.

Четвертое направление – переход одной машины с квадратного сечения 125×125 на 140×140 мм.

На рис. 5 показана динамика производительности машин непрерывного литья заготовок квадратного сечения 125×125 и 140×140 мм с 2002 по 2008 г.

Конечный продукт в сталеплавильном цехе – это непрерывнолитая заготовка двух сечений 125×125 и 140×140 мм.

Из малого квадрата изготавливают катанку диаметром от 5,5 до 16 мм. Внедрению новых марок стали предшествовали глубокие исследования процессов раскисления и внепечного рафинирования металла в стальковше. Так, в 2006 г. освоена технология производства низкоуглеродистых марок стали с пониженным содержанием кремния от 0,05 до 0,17% (ст1пс, ст2пс, Арх-1, SAE 1008). Новая технология позволила повысить пластические свойства при вытяжке катанки, выдерживать механические свойства в узких пределах требуемых

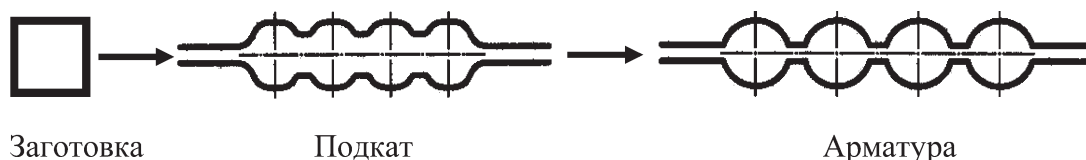


Рис. 6. Схема продольного раската заготовки

значений согласно американским и европейским стандартам ASTM и EN 10016, а также стандартам СТБ1704, DIN 488, ONOROM 4200.

Квадратная заготовка 140×140 мм предназначена для производства арматурного прутка от № 10 до 32, передается горячим или холодным посадом на стан 320, где раскатывается вдоль линии на 3–4–5 нитей «слиттинг-процессом» с получением требуемой арматуры (рис. 6).

Марочный состав разливаемой стали соответствует европейским стандартам SS-ENV 10080 + NaD(S), NS 3376-3-2005, SFS 1215-906, NEN 6008-91, DLN 488-86 и DIN 1045-1, ONORMB 4200-7, британским и американским стандартам BS 4449-97, BLR0501-97, ASTM A615(M)-2005, CAN/CSA-G30, а также ГОСТ 380-2005, 10884-94.

И все же на последних достижениях руководство цеха и рабочий технологический персонал, имеющий 25-летний стаж работы, а это ст. мастер плавки Ю. А. Проскурин, мастера плавки В. И. Нау-

менко, М. Г. Винницкий, сталевары А. Н. Сидоренко, Ю. В. Дроздов, Ю. Г. Николаенко, С. И. Михаленко, мастера и разлищики стали В. И. Демин, В. А. Кеворков, Ю. В. Иванов и другие не собираются останавливаться, впереди новые рубежи в технологии производства, совершенствовании новых видов оборудования и улучшении качества НЛЗ. В год 25-летия внедряется система быстрой замены дозаторов и проводятся исследовательские работы по достижению серийной разливки на один промежуточный ковш до значений 40 плавов. Прорабатываются варианты модернизации на классической ДСП-1 с увеличением доли альтернативной энергии, применением современных комбинированных горелок с инъекцией кислорода и углерода, проводятся тендера на автоматизацию МНЛЗ-2 и другие мероприятия по улучшению технико-экономических показателей, позволяющих снизить себестоимость выпускаемой продукции и оставляя при этом высокое качество.

### Литература

1. Гуненков В. Ю., Тищенко В. А., Пивцаев В. В., Карпович Ю. В. Совершенствование технологии внепечной обработки стали РУП «БМЗ» на примере ЭСПУ-1 // Литье и металлургия. 2004. № 3. С. 96–100.
2. Е д н е р а л Ф. П. Электрометаллургия стали и ферросплавов. М.: Металлуриздат.
3. К у д р и н В. А. Теория и технология производства стали. М.: Мир, 2003.