



С. М. ЖУЧКОВ, Институт черной металлургии

УДК 621.771.25.04.001.5

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТДЕЛА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРОЦЕССОВ ПРОКАТКИ СОРТОВОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОКАТА ИНСТИТУТА ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ИМ. З. И. НЕКРАСОВА НАН УКРАИНЫ

Институт черной металлургии (ИЧМ) им. З. И. Некрасова Национальной академии наук Украины является одним из ведущих научно-исследовательских центров металлургии страны. Он является головным по доменному, сталеплавильному, прокатному производствам и термической обработке проката.

Основные направления научной деятельности института, утвержденные Президиумом НАН Украины, сформулированы следующим образом.

1. Физикохимия металлургических систем и жидкого состояния металлов и расплавов.

2. Физико-химические основы формообразования и управления структурой и свойствами металлов и сплавов.

3. Ресурсо-энергосберегающие и экологически чистые технологии, оборудование и системы управления в производстве чугуна, стали, сплавов и готового проката, получаемого из них.

Сложившаяся в настоящее время научная и прикладная направленность НИР института отвечает задачам, стоящим перед отраслью, с учетом перспектив развития горно-металлургического комплекса Украины. В состав института входят два прокатных отдела: физико-технических проблем процессов прокатки сортового и специального проката и проблем прокатки листа.

Основные научные направления исследований в работах отдела процессов прокатки сортового и специального проката можно сформулировать следующим образом:

- разработка и развитие научных и технологических основ использования резерва втягивающих сил трения в очагах деформации рабочих клетей;

- развитие научных и технологических основ производства катанки на современных высокоскоростных проволочных станах;

- развитие научных и технологических основ управления качеством сортового проката и катанки;

- развитие научных и технологических основ производства специальных, в том числе фасонных профилей высокой точности из углеродистых, легированных и высокопрочных сталей методом холодной прокатки и прокатки-волочения (волочения в роликовых волоках).

Сохраняют актуальность и развиваются в научном и прикладном плане наработки отдела по следующим направлениям:

- разработка научных и технологических основ процесса многониточной прокатки-разделения в потоке стана с использованием автономных неприводных средств для продольного разделения раската;

- развитие научных и технологических основ управления реологическими свойствами металла в процессе прокатки на непрерывных сортовых и проволочных станах за счет изменения конструктивно-структурного состава их основного технологического оборудования;

- разработка параметров технологии производства катанки с поверхностью, подготовленной к волочению (безокислительное охлаждение), устраняющей диалектическое противоречие между прокатным и метизным металлургическими переделами;

- разработка параметров процесса локальной деформации в потоке МНЛЗ непрерывнолитых сортовых заготовок с целью улучшения качества готового проката, получаемого из непрерывнолитого металла и снижения расхода металла на передельных станах;

- обобщение и развитие научных и технологических положений процесса бесконечной сортовой прокатки, созданной под руководством академика А. П. Чекмарева.

К одному из основных направлений в области непрерывной сортовой прокатки следует отнести серию исследований по разработке и развитию научных и технологических основ использования резерва втягивающих сил трения в очагах деформации рабочих клетей [1].

В этой области выполнены исследования физических основ взаимодействия очагов деформации рабочих клетей непрерывного стана через прокатываемую полосу. Это позволило разработать научно обоснованные методы определения параметров прокатки с использованием неприводного рабочего инструмента в линии стана (деформирующие средства, кантующие ролики, контрольные калибры); завершены исследования закономерностей формоизменения металла при непрерывной сортовой прокатке с использованием двухочаговых рабочих клетей с учетом особенностей силового и энергетического взаимодействия их очагов деформации.

Результатом выполненных исследований явилось создание нового процесса непрерывной сортовой прокатки с использованием неприводных рабочих клетей или многоочаговых рабочих клетей.

Использование неприводных клетей (НК) в линии непрерывного сортопрокатного стана дает возможность снизить энергозатраты на 15–20% за счет уменьшения расхода энергии на собственно процесс деформации и уменьшения потерь энергии в линиях привода рабочих клетей и межклетевых промежутках; сократить габариты технологических линий станов, зданий для их сооружения, а, следовательно, и капитальные затраты на строительство новых и реконструкцию действующих станов. Использование НК позволяет вдвое увеличить количество формирующих калибров в линии стана без изменения его габаритов, что повышает технологическую гибкость стана.

Применение процесса непрерывной сортовой прокатки с использованием неприводных рабочих клетей или многоочаговых рабочих клетей дает возможность решать различные технические задачи сортопрокатного производства. С использованием НК можно, например, осуществить перевод сортопрокатного стана на увеличенное сечение заготовки без увеличения габаритов и количества приводных рабочих клетей при минимальных затратах; разгрузить наиболее загруженные приводные рабочие клетки в линии стана; повысить точность прокатки при использовании НК в качестве калибрующих клетей и многие другие технические задачи производства [3].

Результаты исследований, направленных на развитие теоретических основ процессов прокатки, основанных на использовании резерва втягивающих сил трения, позволили расширить круг задач, решаемых при использовании неприводных рабочих клетей. Одной из таких задач является управление температурно-деформационным режимом непрерывной сортовой прокатки [4].

Для создания энергоэкономных технологий производства проката требуется использование новых подходов при разработке деформационных и скоростных режимов прокатки, позволяющих управлять как температурой металла в конце прокатки, так и границами всего температурного интервала прокатки на стане. Для решения указанной проблемы выполнен комплекс исследований, в результате которых разработаны теоретические основы технологического воздействия на статьи теплового баланса прокатываемого раската. Это позволило получить инструмент аналитического исследования и управления температурно-деформационным режимом прокатки на непрерывном сортовом стане. При этом разработаны также инженерные методы управления статьями теплового баланса прокатываемого раската при непрерывной сортовой прокатке а, следовательно, температурным режимом прокатки в целом.

На основании результатов этих исследований были предложены усовершенствованные температурно-скоростные режимы прокатки арматурных профилей из новых экономнолегированных марок стали в условиях непрерывных мелкосортных станов металлургического комбината «Криворожсталь» [5].

Дальнейшее направление развития исследований в этой области связано с изучением влияния реологических свойств прокатываемого металла различного марочного сортамента на условия непрерывной прокатки с целью оптимизации процесса при освоении новых марок стали, в том числе при использовании многоочаговых рабочих клетей; изучением трибологических особенностей контактных поверхностей очагов деформации, образованных приводным и неприводным рабочим инструментом, в том числе калиброванным, с различными геометрическими параметрами этих очагов деформации с целью более эффективного использования энергии, затрачиваемой на работу опережения.

Перспективным направлением в работах отдела являются исследования по развитию научных и технологических основ производства катанки на современных высокоскоростных проволочных станах, 80–85% продукции которых направляется в качестве исходной заготовки на метизный передел отрасли. В этой области выполнен крупный комплекс теоретических исследований, направленных на разработку научных и технологических основ высокоскоростной (более 100 м/с) прокатки катанки в чистовых блоках клетей проволочных станов [6]. Рабочие скорости прокатки на современных непрерывных проволочных и мелко-сортно-проволочных станах достигают 90–100 м/с. Новые проволочные станы рассчитаны на прокатку со скоростями 120–140 м/с, причем наблюдается тенденция дальнейшего увеличения скорости прокатки до 160–180 м/с. Вместе с тем фактическая скорость таких станов, в том числе зарубеж-

ных, не превышает 100 м/с. При прокатке с такими скоростями необходимо учитывать влияние сил, которые необходимо приложить для разгона металла в очаге деформации от скорости входа до скорости выхода массовых (инерционных) сил. [7]. Неучет в уравнениях, описывающих энергосиловое равновесие в очаге деформации, массовых сил, возникающих при разгоне металла за счет его вытяжки, приводит к тому, что при скоростях прокатки 60–90 м/с фактическое динамическое равновесие не соответствует расчетному и устойчивость процесса прокатки снижается.

На основании результатов исследований отделом впервые в мировой практике разработаны теоретические основы непрерывной высокоскоростной прокатки катанки с учетом особенностей этого процесса. В частности, учтены влияние массовых (инерционных) сил и межклетевых сил, а также характер изменения сопротивления металла деформации по клетям чистового блока. Результаты этих исследований дают возможность скорректировать параметры прокатки в существующих блоках чистовых клетей современных проволочных станов, повысить стабильность их работы и увеличить скорости прокатки до проектных значений. В настоящее время ИЧМ ведет активное сотрудничество в этом направлении с РУП «Белорусский металлургический завод».

На основании результатов этих исследований могут быть разработаны рекомендации по режимам прокатки для новых станов, рассчитанных на скорости прокатки до 150 м/с. Эти рекомендации могут быть использованы фирмами-изготовителями оборудования при разработке конструкций новых высокоскоростных блоков клетей, а также при реконструкции действующих проволочных станов.

Развитие научно-исследовательских работ в этой области связано с разработкой математических моделей процесса высокоскоростной прокатки катанки в блоках чистовых клетей со скоростями более 120 м/с с учетом массовых сил, адаптированных для условий конкретных производств; разработкой программных средств расчета параметров высокоскоростной прокатки в блоках чистовых клетей, имеющих общий привод и жесткую кинематическую связь между клетями; анализом влияния различных факторов на параметры прокатки в блоке с указанными скоростями; подготовкой предложений фирмам-изготовителям проволочных блоков по разработке адаптированных программных средств и методик расчета параметров высокоскоростной прокатки в блоках с учетом массовых сил с целью выбора основных конструктивных параметров новых блоков чистовых клетей проволочных станов.

Сохраняют актуальность и развиваются в научном и прикладном плане разработки отдела, направленные на улучшение качества заготовки

для метизного передела, разработку и внедрение технологии безокислительного охлаждения катанки, технологии производства катанки с поверхностью, подготовленной к волочению. Технология разработана в двух вариантах: двухстадийное охлаждение с применением восстановительных атмосфер типа эндогаза и затем защитного газа; одностадийное охлаждение с использованием только защитного газа. В обоих случаях предусматривается нанесение на поверхность катанки защитных покрытий, являющихся одновременно подмазочным слоем.

Первый вариант технологии проверен на теплофизической модели установки в лаборатории ИЧМ с использованием мотков катанки массой до 500 кг, которые затем перерабатывались в волочильном цехе ОАО «Днепрометиз» с диаметра 6,5 на 1,6 мм без промежуточного отжига.

Сотрудниками совместно с сотрудниками инновационной фирмы «Экомет» и при активном участии работников ОАО «Силур» разработана и доведена до промышленного внедрения технология безокислительного газо-воздушного патентирования проволоки [7, 8].

Для своевременного и качественного решения вопросов, возникающих в процессе реструктуризации метизного передела в Украине, в составе отдела создана группа, развивающая новое для ИЧМ научно-техническое направление — «Технология производства специальных, в том числе фасонных профилей высокой точности из углеродистых, легированных и высокопрочных сталей методом холодной прокатки и прокатки-волочения (волочения в роликовых волоках)».

В связи с развитием автомобильного машиностроения, сопровождающегося увеличением мощности ДВС, возникла потребность в экономических материалах для изготовления поршневых колец ДВС, обладающих требуемыми технологическими и эксплуатационными свойствами.

В настоящее время в качестве основного материала для изготовления поршневых колец (ПК) различного назначения (компрессионных, маслосъемных и др.) используют чугуны различного состава, обеспечивающие наиболее оптимальное сочетание физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств. Однако изготовление ПК из чугуна, с одной стороны, значительно усложняет процесс их производства, а с другой — это производство создает ряд экологических проблем, так как включает в себя обязательный литейный передел. Кроме того, чугуны, используемые в производстве ПК, как правило, содержат значительное количество дорогих и дефицитных легирующих элементов, что удорожает производство, снижает его технико-экономические показатели и конкурентоспособность этого вида продукции.

В связи с этим в последние годы в мировой практике получает развитие процесс производства ПК из стальной ленты, который исключает экологически вредный литейный передел из процесса производства.

Совместно с дочерним предприятием Одесского завода поршневых колец (ОЗПК – Днепр) в отделе ИЧМ разработана и освоена технология производства лент для компрессионных поршневых колец из сталей 65Г и 70. В настоящее время ведутся научные и технологические изыскания по разработке процесса (технологической схемы) холодного деформирования катанки из стали У8 для получения стальной плющенной ленты для ПК методом прокатки-волочения в роликовых волоках, а также фасонного профиля для стальных маслоъемных колец.

В настоящее время разработаны технологические схемы производства более десяти профилей высокой точности (кавалитет h9–h11) из черных и цветных металлов.

В прикладном плане с целью расширения практической реализации разработок, новых научных и технологических положений, разработанных, разрабатываемых и намеченных к разработке в отделе можно назвать дополнительно.

1. Предложения по совершенствованию технологии производства проката на строящемся стане 50 Макеевского металлургического комбината, а стане 550 завода им. Петровского; технологии производства двутавровых балок на станах 350 и 30 Днепропетровского меткомбината (ДМК) и 550 завода им. Петровского при использовании неприводных рабочих клетей в линии стана с разработкой новой калибровки валков, возможностью расширения размерного сортамента этих профилей на стане, а также при использовании неприводных средств однократной правки проката в холодном состоянии на правильных машинах с целью обеспечения соответствия готового проката требованиям европейских стандартов с использованием неприводных рабочих клетей в линии стана, а также использованию процесса прокатки-разделения на этих станах [9].

2. Технологические предложения по переводу проволочного стана 250 Енакиевского металлургического завода на использование заготовок большого сечения, в основу которых положено использование процесса прокатки разделения черновой группы стана с помощью автономных неприводных делительных устройств. В настоящее время завершён первый этап исследования и освоения технологии, разработанной в соответствии с указанными предложениями [10].

3. Предложения по управлению температурой леща прокатки на проволочных станах.

Учитывая необходимость ускорения адаптации разработок к условиям конкретных металлурги-

ческих предприятий, большое внимание в отделе уделяется созданию средств компьютерного моделирования, аналитического исследования процессов прокатки на сортовых и проволочных станах.

Наряду с научными задачами отделом решены и решаются прикладные задачи, включающие разработку предложений по совершенствованию действующих технологий, нормативно-технической и технологической документации и т. д.

Подводя итог сказанному, можно отметить, что прокатные отделы Института черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины сегодня в состоянии решать многие задачи, стоящие перед прокатным отделом отрасли – от создания научных и технологических основ производства высококачественного проката до разработки конкретных технологических схем и процессов, обеспечивающих получение конкурентоспособной продукции в самом прокатном переделе.

### Литература

1. Непрерывная прокатка сортовой стали с использованием неприводных рабочих клетей / А. П. Лохматов, С. М. Жучков, Л. В. Кулаков и др. Киев: Наукова думка, 1998.
2. Энергосбережение при непрерывной сортовой прокатке с неприводными рабочими клетями / С. М. Жучков, Л. В. Кулаков, А. П. Лохматов и др. Металлургическая и горнорудная промышленность: Тр. V Междунар. науч.-техн. конф. "Теоретические проблемы прокатного производства" 16–18 мая 2000г. 2000. № 8–9. С. 179–182.
3. Целесообразность применения неприводных деформирующих устройств в условиях мелкосортных станов комбината "Криворожсталь" / С. М. Жучков, И. М. Любимов, Л. В. Кулаков и др. // Теория и практика металлургии. 2001. № 2. С. 51–56.
4. Прогнозирование температурного режима прокатки на непрерывном сортовом стане / С. М. Жучков, А. П. Лохматов, Л. В. Кулаков и др. // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. науч. тр. ИЧМ НАН Украины. Киев: Наукова думка, 1999. Вып. 3. С. 234–241.
5. Задачи разработки ресурсосберегающей технологии производства арматурного проката / А. В. Ноговицын, В. А. Нечепоренко В.А., С. М. Жучков и др. // Теория и практика металлургии. 1999. № 2. С. 18–21.
6. Иводитов А. Н., Горбанев А. А. Разработка и освоение технологии производства высококачественной катанки. М.: Металлургия. 1989.
7. Развитие технологического процесса патентирования проволоки / Г. В. Левченко, А. Ю. Борисенко, А. П. Лохматов, Е. В. Барышев // Металл и литее Украины. 2001. № 1–2. С. 48–52.
8. Левченко Г. В., Борисенко А. Ю. Газовое патентирование стальной проволоки // Теория и практика металлургии. 2001. № 1(21). С. 44–46.
9. Концепция использования неприводных рабочих клетей при совершенствовании технологии прокатки на стане 550 завода имени Петровского / С. М. Жучков, А. П. Лохматов, Б. С. Полатовский, Г. В. Бергеман // Металлургическая и горнорудная промышленность. 1999. № 5. С. 57–60.
10. Эффективность использования технологии прокатки-разделения на проволочном стане 250 ОАО «Енакиевский металлургический завод» / С. М. Жучков, А. Ю. Оробцев, Э. В. Сивак, Л. В. Кулаков // Металлургическая и горнорудная промышленность. 1999. № 6. С. 21–26.