

С.М. Жучков, Д.Г. Паламарь

МЕТОДОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ СОРТОВОЙ ПРОКАТКИ

Предложен подход к решению актуальных задач в сфере прокатного производства с применением математического моделирования для исследования физических и технологических процессов прокатки с помощью компьютерных средств.

Анализ состояния проблемы.

Характерной чертой развития прокатного производства является стремление организовать поточное производство таким образом, чтобы в его основу был заложен непрерывный технологический процесс [1]. Непрерывная схема производства проката обеспечивает высокую производительность станов и создает хорошие перспективы для полной механизации и автоматизации производства.

Поэтому в мировой практике наибольшее распространение получили непрерывные станы, которые, наряду с указанными обстоятельствами, обладают рядом дополнительных преимуществ:

1. Регулируемый скоростной режим в каждой клетке и по стану в целом, обеспечиваемый индивидуальным приводом клеток. Непрерывные станы с индивидуальным управлением скоростным режимом прокатки по клеткам значительно расширяют собственно технологические возможности управления скоростью прокатки в каждой клетке, что стабилизирует работу стана и способствует росту его производительности.

2. Сокращение времени перевалок за счет замены клеток, ранее подготовленной на стенде. Современные непрерывные сортовые станы оборудованы также механизмами установки клеток при перевалке, что сокращает время на перевалку.

3. Непродолжительность пауз между смежными полосами. При достигнутых скоростях прокатки до 20 м/с время паузы между клетками чистовой группы составляет 0,3 – 0,6 с.

4. Прокатка раската одновременно в нескольких клетках позволяет значительно сократить длину стана.

Современные непрерывные мелкосортные станы – это механизированные поточные линии с последовательным расположением клеток и комплексом вспомогательного оборудования, действующего синхронно со станом. Применение этих станов наиболее эффективно при значительных объемах производства проката массового назначения [2].

Установленные на металлургических предприятиях СНГ непрерывные мелкосортные станы с номинальным диаметром валков

чистовых клетей 250-350 мм рассчитаны на максимальную скорость прокатки до 20 м/с [3].

Несмотря на то, что за период эксплуатации отечественных прокатных станов на них был реализован ряд реконструктивных мероприятий, направленных на повышение эффективности производства, в частности – повышение точности прокатки, увеличение производительности станов, повышение эксплуатационной стойкости и надежности работы технологического оборудования, необходимо отметить, что оно на сегодняшний момент, в большинстве своем, в значительной степени морально устарело и физически изношено. Вместе с тем, планами развития металлургических предприятий, в настоящее время предусматривается вложение основных средств в реконструкцию первых металлургических переделов – аглодоменного и сталеплавильного. Существенные капитальные вложения в реконструкцию прокатного передела, согласно планам металлургических предприятий, следует ожидать после 2010 года. Тем не менее, повышение эффективности производства сортопрокатной продукции, экономия энергетических и материальных ресурсов в процессе ее изготовления не теряет своей актуальности. И на сегодняшний день эти задачи решаются путем совершенствования существующих технологических режимов прокатки на действующих прокатных станах при незначительных объемах реконструктивных мероприятий.

Постановка задачи.

Для решения задач технического перевооружения каждого конкретного прокатного стана, необходимо изучить особенности используемой технологии и проанализировать технологические возможности оборудования стана и его производственных участков.

Одним из наиболее эффективных путей повышения эффективности производства, обеспечивающих реальную экономию энергетических и материальных ресурсов, повышение производительности прокатных станов, а следовательно снижение себестоимости и повышение конкурентоспособности готовой продукции является снижение температуры нагрева исходных заготовок под прокатку и повышением скорости прокатки.

Изложение основных материалов исследования.

Известно, что снижение температуры нагрева заготовок на прокатку, на 100⁰С обеспечивает уменьшение удельного расхода топлива на 9,0-10,0% [4]. При этом на самом участке нагрева заготовок как правило не требуется проведение дополнительных технических или организационных мероприятий. При производстве проката на современных мелкосортных станах для нагрева заготовок перед их прокаткой требуется топливная энергия в количестве 1,30-1,65 ГДж на тонну готового проката, а на прокатку (с учетом неизбежных потерь) – еще 0,15-0,40 ГДж электроэнергии. С учетом потерь при выработке

электроэнергии расход первичной энергии на прокатку одной тонны готового проката оценивается в 0,45-1,20 ГДж [4,5]. Таким образом, даже при пересчете на первичную энергию в прокатном производстве преобладают затраты энергии, связанные с нагревом исходных заготовок. При этом следует учесть, что стоимость топлива для нагревательных печей несколько выше, чем стоимость электроэнергии для приводов рабочих клетей и вспомогательного оборудования производственных участков стана.

Основным фактором, определяющим выбор температуры нагрева заготовок под прокатку является необходимость получения заданной структуры металла, обеспечивающей соответствующие служебные свойства готового проката. В то же время снижение температуры нагрева исходных заготовок неизбежно приводит к росту усилий и моментов прокатки за счет увеличения сопротивления металла деформации, повышает износ прокатного инструмента – валков и привалковой арматуры, а также приводит к дополнительному нагружению приводных двигателей рабочих клетей, то есть к повышению механических и электрических нагрузок на весь прокатный стан. Кроме того, из-за неоднозначности изменения температуры конца прокатки при снижении температуры нагрева заготовок на действующих прокатных станах усложняется управление температурным режимом прокатки, что весьма существенно при термической обработке готового проката в потоке стана.

Пропускная способность участков нагрева заготовок под прокатку и финишной обработки проката с учетом специализации отечественных прокатных станов и сложившегося сортамента, позволяет реализовать энергоэкономные технологии, в частности технологии прокатки с пониженными температурами нагрева исходных заготовок и низкотемпературной прокатки, однако технические характеристики технологического оборудования главных линий рабочих клетей стана сдерживают возможность их реализации. Для успешного решения поставленных задач необходимо проведение комплекса исследований с целью обоснования основных направлений реконструкции технологического оборудования производственных участков прокатных станов отечественных металлургических предприятий.

Реализация математической модели.

В последние годы широкое развитие и применение в области всех основных металлургических переделов, в том числе и в прокатном производстве, для исследований физических и технологических процессов получило математическое моделирование этих процессов с помощью компьютерных средств. Этот подход к решению актуальных задач горнометаллургического комплекса является наиболее приемлемым в современных условиях, поскольку при соответствующей адекватности математической модели, принятой для описания технологического процесса прокатки в условиях каждого конкретного стана гораздо

быстрее, дешевле и безопаснее, чем эксперимент непосредственно в условиях производства. Однако, для успешного решения задач металлургических предприятий, разработки и внедрения энергосберегающих технологических режимов прокатки в условиях конкретного прокатного стана с помощью указанного подхода, необходимо решить ряд подготовительных задач:

- выполнить анализ действующей на стане технологии с учетом особенностей конструктивно-структурного состава оборудования конкретного прокатного стана;

- разработать адекватную математическую модель, описывающую условия реализации процесса прокатки в условиях этого стана;

- адаптировать разработанную математическую модель к реальным условиям производства конкретного стана, используя результаты измерений фактических значений параметров прокатки по действующей на стане технологии;

- с использованием разработанной математической модели процесса прокатки, адаптированной к условиям производства выполнить комплекс многовариантных машинных экспериментов, направленных на оптимизацию параметров прокатки в условиях конкретного стана;

- на основании результатов исследования процесса с помощью компьютерного моделирования разработать и опробовать в условиях производства энергосберегающие технологические режимы.

Разработка энергосберегающих технологических режимов прокатки с применением указанного подхода позволит существенно снизить энергетические и материальные затраты за счет уменьшения количества экспериментальных исследований, а внедрение энергосберегающих технологий в производственные условия позволит повысить производительность прокатных станов и конкурентоспособность готовой продукции, а также снизить ее себестоимость. В настоящее время этот подход используется при разработке предложений по реконструкции непрерывного мелкосортного стана 250-3 ОАО «Криворожсталь».

Выводы.

1. Реальная экономия энергетических и материальных ресурсов, повышение производительности прокатных станов, а следовательно снижение себестоимости и повышение конкурентоспособности готовой продукции с учетом износа основных средств производства и отсутствия существенных инвестиций в реконструкцию действующих прокатных станов может быть обеспечено путем снижения температуры нагрева исходных заготовок под прокатку и повышением скорости прокатки.

2. Для разработки предложений, направленных на решение наиболее актуальных на сегодняшний день задач повышения эффективности производства за счет реализации энергоэкономных технологий, в частности, технологии прокатки с пониженными температурами нагрева исходных заготовок и низкотемпературной прокатки необходимо

выполнение комплекса исследований на каждом конкретном стане, базирующегося на компьютерном моделировании процесса с учетом особенностей технологии и конструктивно-структурного состава стана.

1. *Непрерывный* процесс прокатки и его развитие / А.В. Емельянов, Н.П. Калина, В.С. Плевако и др. // Днепропетровск: Промінь.- 1968. 48 с.
2. *Безперервна* прокатка: Колективна монографія. – Дніпропетровськ: РВА "Дніпро-ВАЛ", 2002. – 588 с.
3. *Прокатные* станы. Справочник в 3-х томах. Т.2. Средне-, мелкосортные и специальные станы / В.Г.Антипин, С.В.Тимофеев, Д.К.Нестеров и др. М.: Металлургия, 1992. – 496с.
4. *Оптимизация* расхода энергии в процессах деформации /А.Хензель, Т.Шпиттель, М.Шпиттель и др./ Под ред. Т.Шпиттеля и А.Хензеля: Перев. с нем. - М.: Металлургия, 1985. – 184с.
5. *Никитина Л.А., Матвеев Б.Н.* Перспективные технологии, используемые в производстве прутков и катанки за рубежом. – Черная металлургия. Бюл. ОАО "Черметинформация" – 2003. - №3. – с.36-44.

Статья рекомендована к печати канд.техн.наук И.Ю.Приходько