

А. Б. Моллер, О. Н. Тулупов, А. С. Лимарев, Д. В. Назаров

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОКАТКИ НА СОРТОВЫХ СТАНАХ

В настоящее время в российской металлургической отрасли сложились благоприятные условия для развития сортопрокатного производства, связанные с реализацией программы строительства жилья как в частном секторе, так и в рамках государственного заказа. Кроме того, акционирование большинства металлургических заводов, наличие современных технологий, оборудования, систем управления и относительно доступная стоимость новых сортовых станков, в сравнении с листопркатными, существенно повышает актуальность научного направления, решающего вопросы повышения качества, производительности и эффективности работы сортовых станков.

Согласно международным стандартам ISO 9000:2000 производство должно характеризоваться комплексным подходом к качеству, который заключается в координации деятельности исполнителей во всех подразделениях предприятия, во взаимосвязи требований всей нормативно-технической документации и стандартов, в поисках оптимальных условий производства продукции с необходимыми свойствами, в совершенствовании техники, технологии и способов производства продукции, а также в постоянном росте квалификации персонала [1].

Все более широкое развитие и применение систем управления технологическими процессами требует разработки достаточно простых, универсальных, быстродействующих, дополняемых и надежных объектно-ориентированных математических моделей. Вместе с тем, неоднозначная связь различных технологических параметров прокатки в калибрах различной сложности ограничивает разработку и внедрение комплексных систем анализа и управления формоизменением на сортовых станах. Ряд внедряемых систем являются узкоспециализированными, не всегда согласуются друг с другом, сложно адаптируются к изменяющимся технологическим условиям производства, не позволяют оперативно анализировать альтернативные варианты технологических схем.

Моделирование технологических процессов прокатки [2] является важной задачей, позволяющей получать множество расчётных параметров, отражающих суть происходящего, что дает возможность совершенствовать производство металлопродукции по следующим пунктам:

- формирование логической структуры АСУ и ее совершенствование;
- корректировка существующих технологических режимов прокатки;
- разработка и внедрение новых технологических режимов прокатки;
- расширение марочного сортамента и внедрение в производство новых профилеразмеров;
- управление качеством производимой продукции посредством применения сквозных расчётов нормируемых показателей качества (геометрии профиля, механических свойств металлов);
- решение существующих проблем, связанных с калибровкой валков и настройкой прокатных клетей.

В современных условиях можно выделить два основных направления технологических решений, повышающих эффективность производства сортового проката, требующих всестороннего изучения, моделирования и анализа [3].

К первому направлению можно отнести технические и технологические решения, позволяющие повысить эффективность производства и улучшить качество сортовых профилей на действующих, но морально устаревших станах. Это поиск малозатратных способов продления срока службы устаревших станков путем поддержания качества продукции за счет использования технологических резервов и уникальных нетрадиционных технологических режимов.

Второе направление охватывает технические и технологические решения по модернизации действующих и разработке новых сортовых станков. Здесь особую важность приобретают современные методы компоновки технологической схемы, управления точностью, рационализации энергозатрат с целью максимально эффективного использования современных технологических процессов и оборудования, а значит, наиболее эффективной отдачи капиталовложений.

Для первого направления характерно, прежде всего, выявление и использование технологических резервов калибровки валков, а также температурно-скоростных условий прокатки. Для второго направления наиболее важна разработка систем предварительного анализа технологических схем прокатки и управления точностью профилей и вы-

работка на их основе эффективных технологических режимов прокатки. Кроме этого, в обоих случаях важны аналитические методы выявления «узких мест» технологического процесса, а также методы оценки его эффективности.

Актуальный на сегодняшний день принцип поэтапной модернизации сортопрокатного производства приводит к вариантам работы новых или реконструированных станов в старой инфраструктуре завода, далеко не всегда отвечающей современным технологическим требованиям, что существенно сказывается на колебаниях качественных показателей и химического состава стали, свойств и размеров заготовки. Поэтому для решения задач калибровки и обеспечения точности проката при модернизации или замене прокатного стана в условиях действующего предприятия кроме изменения технологических решений следует предусмотреть и возможность изменения части модели, отвечающей за расчет формоизменения металла. Но, поскольку каждый новый стан обладает специфическими условиями прокатки, речь должна идти о создании модели формоизменения с возможностью адаптации к различным режимам работы, вариантам компоновки стана, программам прокатки, технологическим условиям и инфраструктуре конкретного прокатного комплекса.

При рассмотрении технических решений отечественных и зарубежных фирм и заводов наблюдается концептуальная схожесть основных направлений разработки и совершенствования сортовых станов, нацеленных на повышение точности и стабильности размеров проката. При этом вопросы повышения точности и эффективности прокатки успешно решаются только при условии жесткого соблюдения технологического режима, что в производственной практике не всегда возможно. Поэтому при создании математических моделей следует уделять внимание разработке программного блока, определяющего допустимый диапазон возможных отклонений основных технологических параметров, что и послужит инструментом регламентации требований к исходной заготовке.

В течение работы стана происходит постоянное необратимое изменение технического состояния основного оборудования. Следовательно, модель должна уметь отражать эти изменения в реальном масштабе времени, то есть пользоваться в интерактивном режиме шиной данных и таким образом подстраиваться под постоянно меняющиеся характеристики стана. Такой процесс возможен только при адекватном взаимодействии нескольких систем слежения и управления работой стана (регулирование скоростей, межвалковых зазоров, температуры). При реализации такой мо-

дели появляется возможность в комплексном подходе к повышению эффективности и точности формоизменения профиля, который подразделяется на три уровня.

Первый уровень. «Тонкое» управление формоизменением на непрерывных станах путем регулирования скоростного режима по условию минимума уровня натяжения, осуществляемое только при колебаниях технологических параметров в узком диапазоне. Рамки этого диапазона следует определять предварительным моделированием прокатки с просмотром результата (характерных размеров профиля), не выходящего за допуски, указанные в НТД. При более существенных изменениях параметров осуществляется переход на второй уровень.

Второй уровень. Совершенствование процесса формоизменения за счет целенаправленного оперативного изменения межвалкового зазора в клетях, определенных путем моделирования процесса в реальном времени. Причем связь модели формоизменения с другими системами должна дать им установки и обеспечить нормальную работу на первом уровне [4].

Третий уровень. Повышение эффективности формоизменения и точности прокатываемых профилей за счет корректировки схемы калибровки вне стана. Этот уровень необходим при постоянно выраженных отклонениях в точности профиля, которые не удается в полной мере устранить на первом и втором уровнях (расходящийся процесс). Уровень характеризуется комплексным экспресс-анализом калибровки в целом для выявления фрагментов, отрицательно влияющих на точность геометрических размеров получаемого профиля и эффективность процесса при различных технологических режимах. Результатом анализа должна стать замена элементов калибровки на более технологически оправданные [5].

Для возможности эффективного применения указанных моделей на производстве необходимо обеспечить пользовательский интерфейс и обучение персонала работе с созданными компьютерными моделями. Наличие интерфейса позволит существенно расширить возможности математической модели и при дополнении ее текстовым блоком справочной информации, чертежами и видеорядом трансформировать модель в комплексную компьютерную информационно-тренинговую систему, включающую:

- полный комплекс подробной технической и технологической мультимедийной информации;
- фактическую информацию о калибровке валков и режимах прокатки сортамента стана,

- учитывающую специфические особенности элементов калибров, применяемых на стане;
- полноценные системы моделирования режимов прокатки и настройки клетей (зазоров и скоростного режима) при различных возможных на стане сочетаниях основных технологических параметров;
- возможность многовариантного моделирования различных технологических режимов и способов их реализации, соответствующих фактическим технологическим данным стана;
- возможность получения справочной информации в процессе обучения и работы;
- систему тестовых заданий и контроля знаний слушателей.

Таким образом, единая модель сортовой прокатки, снабженная блоками расчета, информации, обучения и проверки знаний становится мощным производственным инструментом для управления качеством продукции и подготовки кадров, решающим следующие задачи:

- повышение качества и эффективности выпускаемой продукции;
- сокращение сроков качественного обучения операторов, вальцовщиков, калибровщиков и инженерно-технологического персонала сортового стана;
- повышение профессионального уровня и технологической дисциплины действующего эксплуатационно-технологического персонала цеха;
- обеспечение необходимой профессиональной базы и быстрой переподготовки кадров внутри цеха и предприятия;
- получение объективных оценок квалификации и профессиональных возможностей для повышения разряда, поощрения и сокращения кадров на предприятии;
- накопление и передача производственного опыта.

Из перечисленного формируются требования к построению современных моделей прокатки на сортовых станах. Так, в модели должны быть предусмотрены следующие пункты:

- разработка и формирование компьютерных баз данных: по технической и технологической информации о калибровке валков; по технологическим параметрам прокатки и охлаждения;

- разработка объектно-ориентированных моделей расчета формоизменения раската, температуры и скоростного режима прокатки металла;
- разработка модели оценки, анализа и целенаправленной коррекции, применяемых на стане калибровок с целью повышения эффективности формоизменения раската и снижения затрат на производство;
- разработка модели дополнительной настройки клетей в линии стана (с возможностью участия в настройке различного количества клетей) в условиях изменений основных технологических параметров прокатки: температуры металла, характеристики пластичности металла σ_T ; износа валков; изменения диаметра валков при их переточках.
- программная реализация указанных моделей должна представлять единый комплекс интегрированных программ, реализуемый как в автономном режиме, так и при работе в сети компьютерного класса с применением передовых информационных технологий «мультимедиа»;
- интерфейс программного обеспечения по освоению технической информации и овладению основными навыками работы на прокатном стане должен быть рассчитан на уровень базового среднего технического образования;
- интерфейс программ исследования эффективности применяемых режимов прокатки и определения целенаправленного выбора варианта настройки прокатного стана должен быть рассчитан на уровень вузовского образования;
- одним из разделов программного обеспечения должен представлять собой систему тестового контроля и фиксации результатов испытаний обучаемого с формированием рейтинга и знакомством с материалами правильных вариантов ответов.

Целесообразно использовать автоматизированное тестирование. Это позволит определить подготовленность персонала к работе на производстве. Помимо этого результаты оценки знаний позволят сделать вывод: к выполнению какого уровня работ готов работник. Дальнейшее обучение должно проходить для углубления знаний с целью работы на стане или подготовки специалистов в исследовательский сектор.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9000:2000. Система менеджмента качества. Основные положения и словарь. М.: Изд-во стандартов, 2001.
2. Ашихмин В.Н. Введение в математическое моделирование. М.: ЛОГОС, 2005. 440 с.
3. Тулупов О.Н. Структурно-матричные модели для повышения эффективности процессов сортовой прокатки: Монография. Магнитогорск: МГТУ, 2002. 224 с.

4. Новые решения в моделировании процессов сортовой прокатки на основе структурно-матричного подхода и его приложений / О.Н.Тулупов, А.Б. Моллер, М.Г. Поляков, А.В. Логинов, Ю.В. Симаков, Д.В. Колясов, С.А. Левандовский // Производство проката. 2004. № 7. С. 19–26.
5. Левандовский С.А. Оптимизация режимов формоизменения на современных непрерывных сортовых станах // Конкурс грантов студентов, аспирантов и молодых учёных вузов Челябинской области: Сб. рефератов научно-исследовательских работ аспирантов. Челябинск: ЮУрГУ, 2005. С. 131–132.

УДК 621.771.63

А. В. Урмацких, Н. Г. Шемшурова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ ПОВЫШЕННОЙ ЖЁСТКОСТИ

Анализ механических свойств современных гофрированных листовых профилей показывает, что их конструкции можно разделить на два типа. К первому типу относят профили, имеющие максимальные прочностные характеристики вдоль одной оси, ко второму – профили, прочностные характеристики которых в продольном и поперечном направлениях примерно одинаковы.

Большинство гофрированных листовых профилей выполняют с продольными сквозными гофрами, направленными вдоль листа. Продольная жёсткость (несущая способность) такого профиля значительно превышает его поперечную жёсткость.

Наиболее эффективным способом повышения несущей способности гнутых профилей является увеличение высоты гофров [1] или создание дополнительных гофров. Если по конструктивным или технологическим причинам это нецелесообразно, то несущую способность можно поднять, заменив материал профиля на более прочный.

Одним из новых направлений повышения несущей способности гофрированных листовых профилей является увеличение горизонтальных участков гофров, а также заполнение свободного межгофрового пространства. На **рис. 1** показана последовательность превращения «классическо-

го» гофра в гофр новой конструкции. При этом несущая способность может быть увеличена более чем в пять раз.

Гибкость рассматриваемых профилей в поперечном направлении выше, чем у исходного профиля, т.к. длина развёртки их значительно больше и они выдерживают меньший радиус изгиба без пластической деформации. Ещё одной особенностью рассматриваемых профилей (**рис. 2**) является повышенная «податливость» его к осевому скручиванию.

Часто конструкции, помимо высокой несущей способности в продольном и поперечном направлениях, должны обладать устойчивостью к продольным и поперечным скручивающим нагрузкам. Для этого необходимо, чтобы хотя бы часть гофров имели замкнутый профиль.

На **рис. 3** показаны образцы замкнутого **а** и незамкнутого **б** профилей. Если $h \sim b$ (высота и ширина профиля примерно равны), $\delta \ll h$ и b , то

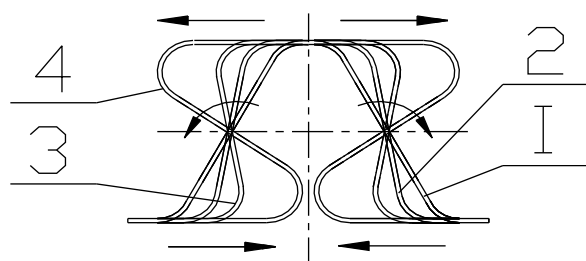


Рис. 1. Последовательность заполнения межгофрового пространства

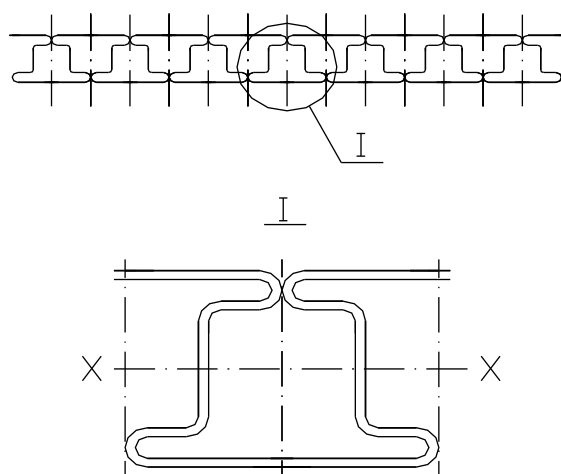


Рис. 2. Гофрированный листовый профиль с плотным примыканием боковых поверхностей гофров