

УДК 621.771.06

Большаков В. И.

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

В шестидесятых годах прошлого столетия ученые-прокатчики ИЧМ под руководством академика А. П. Чекмарева проводили исследования и разработки, направленные на совершенствование режимов работы прокатных станов, увеличения их производительности и качества проката. Результаты исследований и опыт реализации эффективных технологий прокатки показали, что обеспечение работы прокатных станов, получение высококачественной продукции и обеспечение стабильной высокопроизводительной работы оборудования требует исследования и совершенствования оборудования и режимов его работы совместными усилиями ученых прокатчиков и механиков.

Одна из первоочередных задач состояла в исследовании динамических процессов в прокатных клетях, определении причин формирования существенных динамических нагрузок и разработке методов их уменьшения. Большое внимание уделялось теоретическим исследованиям, возникла необходимость создания математических моделей для изучения особенностей режимов работы станов и возникающих в процессе эксплуатации нагрузок.

К числу таких разработок следует отнести математическое описание и электронные модели электромеханических систем приводов прокатных клетей с упругими связями и зазорами. Изучены особенности взаимодействия электропривода и механической системы с упругими связями. Разработаны и исследованы различные варианты моделей нелинейных систем с зазорами, пружинными муфтами с предварительной затяжкой; фрикционными и другими муфтами, используемыми для уменьшения динамических нагрузок. Созданы математическое описание и электронный блок для имитации управления приводом обжимного прокатного стана и поведения слитка на рольганге. Применение этого блока в сочетании с электронной моделью позволило существенно уменьшить трудоемкость выбора рациональных режимов прокатки для блюмингов и слябингов. Экспериментальное и теоретическое исследование нагрузок приводов прокатных станов позволило разработать методические основы нового наукоемкого способа систематизации нагрузок для расчетов деталей приводов на выносливость [1–3]. Дальнейшее развитие математических моделей переходных процессов основывалось на новых результатах экспериментальных исследований различных типов прокатных станов – от обжимных до проволочных. Так в 1967–1968 годах совместно с В. Д. Чехрановым и В. М. Полещуком выполнен комплекс работ по исследованию блюминга 1300 и непрерывно-заготовочного стана меткомбината «Криворожсталь». Изучены особенности захвата слитков, разработаны рациональные режимы прокатки, исследованы особенности двухслитковой прокатки и возникающие при этом динамические нагрузки, сформулированы условия устойчивого захвата слитков, оценены нагрузки приводов клетей непрерывно-заготовочного стана (НЗС) при различных режимах обжатия. Исследованы нагрузки привода передвижения клетей НЗС при автоколебаниях во время перемещения клетей для смены калибров [4, 5].

В настоящее время в Институте разработаны и успешно применяются для исследований несколько базовых моделей переходных процессов в зависимости от решаемой задачи.

Модель взаимодействия крутильной упругой электромеханической системы линии привода валков и поступательной упругой системы клетки совместно с моделью технологической нагрузки при захвате полосы валками. Её создание относится к 1964 году, когда академик А. П. Чекмарев и проф. М. М. Сафьян совместно с автором обнаружили в приводе уширительного стана 2800 комбината «Запорожсталь» чрезвычайно высокие коэффициенты динамичности, не наблюдавшиеся на других станах. Это не удавалось объяснить на основе существовавших

научных подходов. Сопоставление результатов экспериментальных исследований и моделирования нелинейной электромеханической системы привода этого стана явилось базой для разработки ряда новых научных положений и методических подходов. Одним из наиболее важных научных результатов исследований явилось обнаружение и объяснение существенного увеличения момента технологического сопротивления при захвате валками стана холодного листа вследствие значительной деформации системы «валки – нажимные винты – станина» [3]. Указанные разработки определили содержание кандидатской диссертации автора.

В 1966–1968 годах продолжены углубленные исследования привода стана 2800, которые включали анализ особенностей распределения нагрузок между шпинделями, работы подшипников жидкостного трения опорных валков в переходных режимах, систематизацию нагрузок и расчет на прочность и выносливость деталей привода этого стана. Важным научным результатом исследований явилось оригинальное математическое описание замкнутых систем с упругими связями. Показано, что количество уравнений движения парциальных систем и частот свободных колебаний меньше, чем число упругих связей в замкнутой системе. Составлены дифференциальные уравнения движения замкнутого контура с неравными передаточными отношениями входящих в него зубчатых и фрикционных передач. На основании этого математического описания выполнены исследования нагрузок, возникающих в замкнутых контурах приводов прокатных станов, в колесных парах и трансмиссиях подъемных мостовых кранов, скипов и железнодорожных вагонов.

Модель динамики продольной разнотолщинности отображает влияние технологических факторов и динамических свойств клетки и линии привода на прокатываемую полосу в переходных режимах. Она используется в модели динамического взаимодействия смежных клеток через толстую (в черновых группах) и тонкую полосу при непрерывной прокатке. С их помощью установлен характер изменения межклетевых усилий при прокатке толстой полосы и при заполнении непрерывной чистовой группы полосой.

Использование модели влияния на динамические процессы отклонений технологических параметров (температуры, толщины, ширины полосы, скорости прокатки и др.) позволило установить условия и динамику формирования наибольших межклетевых натяжений (или петлеобразования) и изменения продольной разнотолщинности концевых участков горячекатаных полос.

Модель проволочного блока оказалась особенно актуальной ввиду больших трудностей проведения прямых измерений крутящих моментов на валах, расположенных внутри его корпуса. На основе результатов моделирования разработаны и реализованы технические предложения по увеличению скорости прокатки в чистовых блоках стана 150 Белорецкого металлургического комбината, по уменьшению уровня динамических нагрузок в линии привода и увеличению скорости прокатки в блоках стана 150 ЧерМК. Динамическая модель блока передана в рамках контракта машиностроительному комбинату СКЭТ, Германия, для использования при проектировании станов [6].

Исследования на моделях позволили разработать и внедрить ряд технических предложений по уменьшению динамических нагрузок в клетях широкополосных станов горячей прокатки и устранению резонансных явлений в клетях станов холодной прокатки и проволочных блоков.

С целью развития перспективного направления по разработке, расчету, исследованию и внедрению резино-металлических соединений в оборудовании металлургических агрегатов в 1968 году в ИЧМ создается группа ученых во главе с автором. В результате исследований созданы новые методы расчета, конструкции машин с резино-металлическими элементами и проведены испытания и внедрение этих разработок на Макеевском металлургическом заводе и меткомбинате «Азовсталь» [7].

В настоящее время исследования прокатных станов ведутся на основе измерений, сбора и обработки больших массивов информации в течение длительного периода работы станов при различных режимах прокатки. Информационные технологии в прокатном

производстве включают данные систем регулирования, управления, контроля качества продукта и диагностики. Задача состоит в том, чтобы эффективно использовать информационные массивы разнообразных данных этих систем для оценки качества продукции, технологического процесса и состояния оборудования. В результате анализа взаимосвязи режимов работы оборудования и технологии прокатки приобретаются новые знания, необходимые как для углубления исследований, так и совершенствования обслуживания оборудования.

Если раньше основное внимание обращалось на определение причин формирования существенных нагрузок и разработку методов их уменьшения, то в последние годы в Институте успешно развиваются новые перспективные исследования, направленные на создание методических основ диагностики оборудования с использованием данных о нагрузках, возникающих в переходных процессах. При их поиске и исследовании используются разработанные в ИЧМ диагностические модели, в которых представлены взаимосвязи динамических процессов, параметров прокатки, режимов работы и состояния оборудования. Сочетание промышленных и теоретических исследований позволило разработать и опробовать на действующих станах ряд новых способов мониторинга нагрузок, вибраций и диагностики состояния, направленных на своевременное обнаружение развивающегося износа в узлах линии главного привода клетки и предупреждение поломок [8].

ВЫВОДЫ

Учеными Института черной металлургии и Национальной металлургической академии Украины достигнуты определенные успехи в изучении причин возникновения значительных технологических и динамических нагрузок в приводах прокатных станков и разработке мер по их уменьшению. Их исследования продолжают и развиваются на базе компьютерных технологий при создании систем диагностики состояния оборудования и совершенствования технологии прокатки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожевников С. Н. Исследование динамики приводной линии вертикальных валков слябинга / С. Н. Кожевников, В. И. Большаков // *Модернизация и автоматизация металлургического оборудования : труды ИЧМ.* – М. : Металлургия, 1965. – Т. XIX. – С. 72–78.
2. Большаков В. И. Исследование режимов работы вертикальных валков слябинга завода «Запорожсталь» / В. И. Большаков, А. Н. Ленский, П. Я. Скичко // *Сталь.* – 1966. – № 3. – С. 213–214.
3. Влияние зазоров на динамические нагрузки в главной линии стана 2800 / В. И. Большаков, С. Н. Кожевников, Ю. Я. Кармазин, А. Н. Ленский, М. М. Сафьян, А. П. Чекмарев // *Известия ВУЗов. Черная металлургия.* – 1967. – № 6. – С. 162–168.
4. Динамика захвата слитков на блюминге 1300 / В. Д. Чехранов, В. И. Большаков [и др.] // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 1970. – № 3. – С. 24–26.
5. Экспериментальное исследование непрерывного заготовочного стана 900/700/500 / А. П. Чекмарев, О. В. Филонов, В. И. Большаков [и др.] // *Прокатное производство. Тр. ИЧМ, т. XXXIV.* – М. : Металлургия, 1970. – С. 129–145.
6. Исследования динамики и диагностика прокатных блоков / В. И. Большаков, А. М. Юнаков и др. // *Вибрация машин. Измерение, снижение, защита.* – ДонГТУ, 2011. – № 1. – С. 28–35.
7. Большаков В. И. Экспериментальное исследование привода прокатного стана с резино-металлическими шарнирами / В. И. Большаков, Е. П. Моисеев // *Металлургическое машиноведение и ремонт оборудования.* – М. : Металлургия, 1974. – Вып. 3. – С. 64–67.
8. Диагностика и динамика прокатных станков / [В. В. Вернев, В. И. Большаков, А. Ю. Путники и др.]. – Дн-ск, «ИМА-пресс», 2007. – 144 с.

Большаков В. И. – д-р техн. наук, проф., академик НАН Украины.

НАН Украины – Национальная академия наук Украины, г. Киев.

E-mail: office.isi@nas.gov.ua