

УДК 621.982

Белобров Ю. Н.
Шестопалов А. В.
Попов С. В.
Майоров Д. Г.

УТОЧНЕННЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА НАГРУЗОК ПРИВОДА ЛИСТОПРАВИЛЬНЫХ МАШИН И ЕГО АДАПТАЦИЯ ДЛЯ АСУ ЛПМ № 1 СТАНА 3000 АЛЧЕВСКОГО МК

Решение задач по увеличению объемов производства и повышению качества листового металлопроката неразрывно связано с широким техническим перевооружением металлургических предприятий, включающим создание нового и модернизацию существующего механического оборудования прокатных станов. При этом одним из основных критериев эффективности процесса прокатного производства является возможность наиболее полного обеспечения выполнения требований, предъявляемых потребителями к точности геометрических характеристик готового металлопроката при одновременном расширении его сортамента и улучшении прочностных характеристик. Одним из важнейших показателей качества листового металлопроката является его плоскостность и, соответственно, данному вопросу уделяется большое внимание как технологическими службами металлургических заводов, так и проектантами металлургического оборудования.

В ноябре 2006 года на Алчевском металлургическом комбинате был запущен в эксплуатацию толстолистовой стан 3000, изготовленный Новоκραматорским машиностроительным заводом. В состав его оборудования наряду с новыми прокатными клетями, оснащенными современными системами ГНУ и САРТ, входит листопрямильная машина (ЛПМ) горячей правки.

К моменту создания ЛПМ для Алчевского МК ЗАО «НКМЗ» успешно спроектировал листопрямильные машины для станов 2800/1700 и 5000 металлургического комбината Северсталь, однако отсутствие научно обоснованных методик не позволило оснастить данные машины системами автоматизированного технологического управления [1, 2]. В случае с АМК на основании проведенной совместно с Донбасской государственной машиностроительной академией научно-исследовательской работы такая система была создана и успешно внедрена [3–11].

Опыт эксплуатации оборудования на протяжении двух лет подтвердил достоверность сделанных предположений и работоспособность расчетной модели [10]. Вместе с тем выявились и некоторые проблемы, решению которых посвящена данная статья.

Целью данной работы является уточненный метод расчета нагрузок привода листопрямильных машин и его адаптация в производстве.

Известно, что в теории ОПД и, в частности, в теории прокатки наименьшую достоверность имеет определение величин крутящих моментов на валках в зависимости от условий процесса. Аналогичная ситуация имеет место и для расчетов процесса правки на многороликовых машинах. Применяемые в настоящее время инженерные методики [12–14] позволяют лишь приблизительно определить максимальные значения крутящих моментов с точностью, достаточной для выбора параметров привода, и гарантировано имеющих значительный запас.

Расчетная методика [5], легшая в основу модели для АСУ листопрямильной машины стана 3000 АМК, предлагает для расчета крутящих моментов следующие зависимости. На основе суммарной силы протягивания листа между настроенными роликами правильной машины T_{np} :

$$T_{np} \approx \frac{\sigma_T}{E} \sum_{m_i > 1} \frac{(k_i - 1)^2}{k_i}. \quad (1)$$

Определяется суммарный крутящий момент:

$$M_{кр.Σ} = 0,5(d+h) \sum_{i=1}^{n-1} \Delta T_i = T_{np} \sigma_T B h \cdot (d+h) / 2. \quad (2)$$

Проведенные практические исследования, а также опыт эксплуатации ЛПМ на станах 2800/1700 и 5000 Северсталь, а также 3000 АМК показали, что привод машин в большинстве случаев загружен на 30–50 % от номинальной мощности, следовательно, методики выбора установленной мощности привода можно считать подтвержденными. Тем более странным оказалось периодически повторяющееся явление разрушения одного из редукторов привода ЛПМ, произошедшее 3 раза в течение прошедших двух лет эксплуатации стана 3000.

В отличие от приводов ЛПМ для Северстали, имеющих индивидуальный привод каждого из правильных роликов, листоправильная машина стана 3000 АМК имеет групповой привод от двух электродвигателей переменного тока с планетарными редукторами. Распределение крутящих моментов происходит в раздаточном редукторе. При этом от первого по ходу движения металла электродвигателя приводится пять роликов (три верхних и два нижних), а от второго – остальные шесть. Аварийное разрушение происходило на первой ступени первого планетарного редуктора.

В ходе анализа работы привода на основе данных системы протоколирования параметров работы стана (ИВА) было установлено, что нагрузка на двигатель не превышала 30–40 % от номинального момента, что в сочетании с повторяемостью поломки на первый взгляд позволяло сделать вывод о недостаточной нагрузочной способности входного звена редуктора. Однако сопоставительный анализ работы обоих двигателей дал неожиданный результат. При входе металла в валки машины момент на первом электродвигателе возрастал до момента входа металла во вторую группу роликов. А в дальнейшем момент на втором двигателе падал пропорционально росту нагрузки на двигатель номер один до тех пор, пока двигатель номер два не переходил в генераторный режим. Таким образом, первый электродвигатель нес на себе нагрузку от обеих групп роликов. Система управления электродвигателями на основе частотных преобразователей была построена с обратной связью по скорости от датчиков скорости, встроенных в двигатели. Очевидно, что достаточно жесткая установка по скорости в сочетании с неточной настройкой скоростей двигателей и приводила к описанным явлениям.

При изменении задания скорости второго двигателя на 0,05 % вручную было установлено, что нагрузка на первый двигатель изменялась в 1,5–2 раза. На первом этапе были подобраны коэффициенты поправки заданий скорости, которые позволили уменьшить описанное явление.

Следующим этапом стала разработка программы автоматического управления заданием скорости второго двигателя в зависимости от его загрузки. Скорость первого электродвигателя является базовой и устанавливается равной скорости рольганга перед ЛПМ, т. к. она связана с работой устройства контролируемого охлаждения листов (УКО). Опытным путем было выбрано опорное значение номинального момента, к значению которого и приводится нагрузка на двигатели путем изменения задания скорости на второй двигатель. В результате имевшее место явление перегрузки элементов привода было устранено. С конца января месяца текущего года в ходе эксплуатации ЛПМ в полностью автоматическом режиме аварийных ситуаций в узле привода не зафиксировано, несмотря на то, что для ремонта редуктора были использованы зубчатые колеса, для сокращения времени были установлены без цементации зубьев.

ВЫВОДЫ

В результате проведенного анализа были установлены критерии применимости предложенных методик выбора параметров привода ЛПМ, установлены причины возникновения аварийных ситуаций. Предложены пути решения проблем, тем более ценные, что для своей

реализации они не потребовали никаких материальных затрат, только внесение изменений в алгоритм управления. Адекватность методики подтверждается опытом эксплуатации АСУ привода ЛПМ № 1 толстолистового стана 3000.

ЛИТЕРАТУРА

1. Совершенствование конструктивных параметров и расширение технологических возможностей машин для правки толстых листов / Ю. Н. Белобров, В. Г. Смирнов, А. И. Титаренко // Труды 4 Конгресса прокатчиков : Магнитогорск, 16-19 окт. – 2001. – Т. 1. – М. : ОАО «Черметинформация». – 2002. – С. 99–103.
2. Автоматизация процессов управления современным оборудованием для правки толстолистового металлопроката / Ю. Н. Белобров, В. Г. Смирнов, А. И. Титаренко, В. А. Переходченко, И. Л. Синельников // Металлург. – 2004. – № 8. – С. 51–56.
3. Развитие методов расчета технологий и оборудования процессов правки широкого сортамента толстых листов / Ю. Н. Белобров, В. Г. Смирнов, А. И. Титаренко, А. В. Шестопапов // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні : тематик. зб. наук. пр. – Краматорськ-Слов'янськ : ДДМА. – 2003. – С. 67–72.
4. Шестопапов А. В. Разработка уточненной математической модели процесса правки относительно толстых листов и полос / А. В. Шестопапов, И. Л. Синельников, А. А. Сатонин // Сборник тезисов IV международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Интеллект молодых – производству 2005». – Краматорск : НКМЗ. – 2005. – С. 25–27.
5. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния металла при горячей правке на многороликовых правильных машинах / А. В. Сатонин, А. В. Шестопапов, Е. Б. Кулаченко, А. А. Кулаченко, А. А. Сатонин // Восточноевропейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 5/2 (23). – С. 38–43.
6. Конечно-элементное математическое моделирование напряженно-деформированного состояния металла и основных показателей качества при горячей правке на многороликовых правильных машинах / А. И. Титаренко, А. В. Шестопапов, А. А. Сатонин, О. А. Гаврильченко // Розвиток методів розрахунку, удосконалення технологій та обладнання процесів тиском : матеріали науково-практичної конференції. – Краматорськ : ДДМА. – 2007. – С. 15.
7. Шестопапов А. В. Экспериментальные исследования процессов горячей правки относительно толстых листов / А. В. Шестопапов, А. А. Сатонин, О. А. Гаврильченко // Розвиток методів розрахунку, удосконалення технологій та обладнання процесів тиском : матеріали науково-практичної конференції. – Краматорськ : ДДМА. – 2007. – С. 31.
8. Новые разработки в технологии и оборудовании для горячей правки толстых листов / Ю. Н. Белобров, А. В. Шестопапов, А. В. Сатонин, А. А. Сатонин // Прогрессивные технологии и оборудование в машиностроении и металлургии : сб. науч. тр. – Липецк : ЛГТУ. – 2006. – Ч. 2. – С. 35–39.
9. Новые разработки в технологии и оборудовании для горячей правки толстых листов / Ю. Н. Белобров, В. Г. Смирнов, А. В. Шестопапов, А. В. Сатонин, А. А. Сатонин, А. Б. Егоров // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні : зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА. – 2006. – С. 228–231.
10. Реконструкция листопрямляющей машины ТЛС 2800 Алчевского металлургического комбината / В. А. Федоринов, А. В. Сатонин, А. В. Шестопапов, А. А. Сатонин, Н. В. Кучерук // Металлургические процессы и оборудование : научно-технический и производственный журнал. – Донецк : ДНТУ-АссоМ. – 2006. – С. 43–47.
11. Новые разработки ЗАО «НКМЗ» в технологии и оборудовании для правки толстых листов / А. И. Титаренко, Ю. Н. Белобров, В. Г. Смирнов, И. А. Евгиненко, А. В. Шестопапов, А. В. Сатонин, А. А. Сатонин, А. А. Бегунов // Металлург. – М. : Металлургия. – 2006. – № 11. – С. 66–70.
12. Остринский А. С. Определение расчетных параметров листовых роликовых правильных машин.
13. Луговской В. М. Алгоритмы систем автоматизации листовых станов / В. М. Луговской. – М. : Металлургия. – 1974. – 320 с.
14. Луговской В. М. Теория расчета листопрямляющих машин и автоматизация их проектирования / В. М. Луговской // Труды ВНИИМЕТМАШ. – 1970. – № 26. – С. 8–30.

Белобров Ю. Н. – канд. техн. наук, гл. конструктор прокатного оборудования ЗАО «НКМЗ»;
Шестопапов А. В. – канд. техн. наук, сотрудник ЗАО «НКМЗ»;
Попов С. В. – сотрудник АМК;
Майоров Д. Г. – сотрудник АМК.

ЗАО «НКМЗ» – ЗАО «Новокраматорский машиностроительный завод», г. Краматорск;
АМК – Алчевский металлургический комбинат, г. Алчевск.

E-mail: bmo-st@nkmz.donetsk.ua