

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения

высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет

им. Г.И. Носова»

ВЫПИСКА

из протокола № 8

от «24» декабря 2021 г.

Присутствовало: 26 чел. из 32 членов научно-технического совета.

СЛУШАЛИ: Отчет Николаева Александра Аркадьевича, канд. техн. наук, доцента, заведующего кафедрой автоматизированного электропривода и мехатроники о результатах выполнения 2 этапа проекта **«Разработка и исследование алгоритмов энергоэффективного управления электротехническими и технологическими комплексами горно-металлургической отрасли»**, реализуемого рамках базовой части государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации в сфере научной деятельности (научный проект №FRZU-2020-0011).

ОТМЕТИЛИ: В соответствии с планом реализации проекта и техническим заданием на 2021 год получены следующие научно-технические результаты:

1. В рамках первого направления исследований на основании выявленных новых закономерностей изменения гармонических составляющих тока дуговых сталеплавильных печей (ДСП) и установок ковш-печь (УКП) различного класса и мощности разработаны новые алгоритмы и система автоматического управления электрическими режимами, в основе которых лежит анализ гармонического состава токов и напряжений дуг. Применение усовершенствованных алгоритмов и системы управления обеспечивает улучшение энергетических, временных и технологических показателей работы ДСП и УКП (времени работы под током и цикла плавки, удельного расхода электроэнергии, удельного расхода электродов) за счет своевременного переключения ступени РПН печного трансформатора, реактора (при наличии), а также номера рабочей кривой, определяющего положение рабочей точки на электрических характеристиках агрегата, в течение цикла плавки в ДСП или обработки жидкой стали в УКП.

2. Разработана усовершенствованная система автоматического управления перемещением электродов электродуговой печи на базе усовершенствованного нелинейного адаптивного регулятора импеданса, отличающаяся от известных систем тем, что в ней осуществляется полная компенсация нелинейных свойств гидропривода и электрического контура дуговой печи, благодаря чему обеспечивается уменьшение колебаний импеданса и токов дуг на различных стадиях плавки и обработки жидкой стали, что оказывает положительное влияние на энергетические и технологические показатели ДСП и УКП.

3. Разработан универсальный алгоритм обработки сигналов для различных способов измерения тока дуги. Данный алгоритм может быть реализован как в составе новой системы управления электрическим режимом, внедряемой в производство, так и в составе отдельного модуля. Данный алгоритм обеспечивает возможность функционирования системы управления ДСП и УКП при различных конфигурациях системы измерения токов дуг, а также при различных группах соединения обмоток печного трансформатора. Благодаря применению разработанного алгоритма, все преобразования сигналов выполняются на программном уровне, без использования дополнительных аппаратных устройств в составе систем измерения

тока, что повышает надёжность оборудования и обеспечивает меньшие эксплуатационные издержки.

4. Разработано программное обеспечение для головных программируемых логичных контроллеров (ПЛК) в составе АСУ ТП ДСП и УКП, реализующее усовершенствованные алгоритмы управления электрическими режимами электросталеплавильных агрегатов. На базе действующих электросталеплавильных агрегатов, функционирующих на Череповецком металлургическом комбинате ПАО «Северсталь» (г. Череповец Вологодской области) и АО «Уральская Сталь» группы компаний Металлоинвест (г. Новотроицк Оренбургской области) проведены предварительные испытания усовершенствованных алгоритмов и систем управления электрическими режимами ДСП и УКП, подтвердившие их эффективность. В рамках третьего этапа научного проекта запланирован комплекс мероприятий по внедрению разработанных алгоритмов и систем управления в промышленную эксплуатацию.

5. **В рамках второго направления исследований** разработана конечно-элементная модель контактного взаимодействия процесса листовой горячей прокатки. Получены численные значения технологических параметров для системы «заготовка – горячая прокатка – горячекатаная полоса»: интенсивность напряжений, усилия прокатки, температура прокатываемой заготовки и ее распределение по длине и ширине очага деформации; усилие прокатки, обжатие, скорость прокатки. Данная модель, позволяет на этапе формирования производственного задания высокой с достоверностью выдавать практические рекомендации по загрузке клетей стана, в том числе и определять эффективность процесса листовой горячей прокатки по предложенному критерию эффективности.

6. Разработан алгоритм аналитического определения объема изношенной поверхности рабочего вала, учитывающий различные формы профилировок рабочих валков: цилиндрическую, выпуклую и вогнутую, что напрямую влияет на качество готовой продукции, что необходимо при составлении производственных заданий. Разработана математическая модель, по определению объема изношенного материала рабочих валков отличающаяся от известных тем что, что позволяет определить объем изношенного материала путем замера только по двум контрольным точкам: диаметр бочки вала в центре и диаметру бочки вала на расстоянии.

7. Разработана и численно реализована математическая модель теплового состояния прокатываемой полосы. В модели учтено влияние следующих технологических особенностей процесса листовой горячей прокатки: теплообмен полосы с валками; объемное тепловыделение при пластической деформации полосы; изменение теплового состояния полосы с учетом работы технологических систем: гидроудаления окалины; межклетевого охлаждения, а также принудительного охлаждения полосы, перед входом ее в очаг деформации. На основе метода теплового баланса исследован вклад внешних и внутренних факторов в тепловое состояние прокатываемой полосы. Оценка достоверности разработанной математической модели производилась путем сравнения экспериментальных и расчетных данных на примере на двух листовых станах горячей прокатки: 2500 и 2000 ПАО «ММК». Результаты сравнительного анализа показали, что достоверность математической модели составляет 78...87%. Результаты математического моделирования теплового состояния прокатываемой полосы использовались для решения расчета теплового состояния рабочего вала.

8. Для листовых станов горячей прокатки разработана математическая модель, описывающая тепловое состояние рабочих валков. В основу модели заложено уравнение теплопроводности в полярной системе координат. Численная реализация модели теплового состояния рабочих валков производилась методом независимых потоков. Разработанная модель позволяет исследовать изменение температуры (на поверхности и во внутренних слоях) валков в различных интервалах времени. Разработанный математический алгоритм определяет максимальную точку нагрева – центр бочки рабочего вала. Расчет распределения температуры по длине бочки вала реализуется решением серии частных

двумерных задач для нескольких параллельных сечений валка. Оценка достоверности разработанной математической модели теплового состояния рабочих валков производилась путем сравнения экспериментальных (тепловизионных) и расчетных данных на примере на двух листовых станах горячей прокатки: 2500 и 2000 ПАО «ММК». Результаты сравнительного анализа показали, что достоверность математической модели составляет 80...82%.

9. В рамках третьего направления исследований была выполнена разработка научно обоснованных технических решений по совершенствованию режимов работы установок физико-механических свойств и элементного анализа движущегося материала. В частности, выполнена оптимизация конструктивных и технологических параметров работы установок определения физико-механических свойств и элементного анализа движущегося материала в зависимости от параметров потока, а также разработано программного обеспечение и основные элементы автоматизации для внедрения в существующие АСУ ТП горно-обогатительных и металлургических предприятий.

10. Проведены теоретические и экспериментальные исследования интенсивности характеристических линий элементов, а также линий когерентного и некогерентного рассеяния линий рентгеновской трубки для 8 стандартных образцов железорудной смеси (ЖРС), 9 стандартных образцов агломерата и 12 стандартных образцов различных железосодержащих материалов (ЖСМ). На основании результатов проведенных опытов была разработана математическая модель учета и компенсации колебаний расстояния между спектрометром и материалом.

11. Проведено промышленное испытание разработанной методики обработки спектров, подтвердившее ее эффективность в плане определения химического состава ЖРС. Доказано, что при применении разработанной методики для анализа сульфидных медно-цинковых руд погрешность определения химических элементов Fe, Cu и Zn снижается, отн %: с 3,49; 9,70; и 9,35 до 1,40; 7,08; и 2,81 соответственно.

Результаты исследований по 2 этапу проекта опубликованы в 20 научных статьях в журналах и сборниках научных трудов конференций, индексируемых наукометрической системой Scopus, из них 4 статьи в журналах с квартилем Q1,2, также дополнительно в 10 научных статьях в изданиях, входящих в ядро РИНЦ. По результатам исследований опубликована 1 рецензируемая монография и получены 1 патент РФ на изобретение, а также 9 свидетельств на регистрацию программ для ЭВМ. Научные результаты апробированы на 16 научно-технических конференциях международного и национального уровня. По результатам работы подготовлено 5 диссертаций, из них: 1 – на соискание ученой степени д-ра техн. наук (Дема Р.Р.), 4 – на соискание ученой степени кандидата технических наук (Тулупов П.Г., Ивекеев В.С., Масалимов А.В., Латышов О.Р.).

Таким образом, основные задачи 2 этапа научного проекта в соответствии с техническим заданием выполнены в полном объеме.

Вопрос об утверждении отчета ставится на открытое голосование.

Результаты голосования: «за» — 26, «против» — нет, воздержалось — нет.

ПОСТАНОВИЛИ: Отчет Николаева А.А. по итогам выполнения проекта 2 этапа проекта «Разработка и исследование алгоритмов энергоэффективного управления электротехническими и технологическими комплексами горно-металлургической отрасли», реализуемого в рамках базовой части государственного задания Министерства образования и науки Российской Федерации в сфере научной деятельности (научный проект №FRZU-2020-0011), утвердить.

Председатель НТС

Секретарь НТС



О.Н. Тулупов

Т.В. Шишкина