

*Канд. техн. наук В.В. Бодров, Р.М. Багаутдинов,
канд. техн. наук А.А. Батулин, канд. техн. наук М.Е. Гойдо
(ООО “Уральский инжиниринговый центр”, г. Челябинск),
Н.В. Теляшов, Р.Р. Мусихин (ОАО “ЕВРАЗ НТМК”, г. Нижний Тагил)*

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРЕССОПРОКАТНОЙ ЛИНИИ КОЛЕС

В 2004 г. в колесобандажном цехе (КБЦ) ОАО “ЕВРАЗ НТМК” была запущена в эксплуатацию новая прессопрокатная линия колес (ППЛК) разработки фирмы SMS EUMUCO группы компаний SMS group (Германия).

На начальной стадии эксплуатации ППЛК в ее работе сразу был выявлен ряд недостатков. Некоторые из этих недостатков были устранены совместными усилиями специалистов предприятия и фирмы-производителя, но, тем не менее, по окончании гарантийного срока и нескольких последующих лет эксплуатации линии ее расчетная производительность по выпуску колес так и не была достигнута.

Технологический процесс деформирования заготовки на прессопрокатной линии включает в себя следующие операции:

осадку заготовки в гладких плитах и плавающем кольце на прессе № 1 усилием 50 МН;

формовку заготовки на прессе № 2 усилием 90 МН;

прокатку на колесопрокатном стане;

прошивку отверстия и выгибку диска на прессе № 3 усилием 50 МН.

Каждый из вышеуказанных прессов для осуществления охлаждения и смазки рабочих поверхностей верхнего и нижнего штампов (после удаления заготовки из межштампового пространства) оснащен так называемым манипулятором охлаждения и смазки. Манипулятор охлаждения и смазки укомплектован установленной на подвижной тележке головкой с форсунками, через которые

на рабочие поверхности штампов осуществляется последовательно распыление охлаждающей воды и смазки.

Установленные фирмой SMS EUMUCO манипуляторы охлаждения и смазки имели электромеханический привод подвижной тележки. Предполагалось, что они будут обеспечивать перемещение последней вместе с головкой охлаждения и смазки как из исходного положения в рабочее, так и из рабочего положения в исходное за 1,3 с. Однако, как показал опыт эксплуатации, при таком быстродействии манипуляторы с электромеханическим приводом работают весьма ненадежно вследствие механических поломок. В связи с этим время перемещения тележки манипулятора в каждом из направлений пришлось увеличить до 2,5 ... 3 с при соответствующем увеличении продолжительности технологического цикла, выполняемого на каждом из прессов. У операторов ППЛК также вызывала нарекания точность позиционирования головки охлаждения и смазки в рабочем положении, влияющая на равномерность охлаждения поверхностей штампов.

Для обеспечения качественного нанесения смазки на рабочие поверхности штампов их температура непосредственно перед выполнением этой операции должна находиться в пределах от 190 до 360 °С. Существовавшая система охлаждения штампов обладала недостаточными расходными характеристиками, вследствие чего для охлаждения поверхностей штампов до приемлемых температур требовалось не менее 10 ... 14 с вместо 6 ... 8 с, предусматриваемых на этапе проектирования ППЛК.

Анализ продолжительности технологических циклов, выполняемых на основных агрегатах ППЛК, показал, что с этой точки зрения самым «узким» местом линии является пресс № 2. Ощутимые затраты времени в технологическом цикле работы указанного пресса связаны с работой робота-манипулятора типа 1073 фирмы "Glama", осуществляющего перенос заготовки колеса с пресса № 1 на пресс № 2 и установку заготовки соосно штампам пресса № 2.

При смещении оси заготовки относительно оси штампов нарушается симметричность отштампованной заготовки, и для получения в этом случае на вы-

ходе ППЛК годного изделия приходится завышать массу заготовки. В результате, увеличиваются расходы металла и энергии и трудоемкость последующей механической обработки колес.

Система управления роботом-манипулятором позволяет достаточно точно устанавливать заготовку на пресс № 2 относительно оси штампов, но при этом продолжительность процесса установки превышает желаемую на 1,5 ... 2 с.

Работа по решению перечисленных проблем в декабре 2011 г. была поручена ООО «Уральский инжиниринговый центр» (г. Челябинск), а уже в ноябре 2012 г. в ходе капитального ремонта ППЛК, который длился 18 дней, запланированная модернизация прессопрокатной линии была в полном объеме выполнена.

Специалистами ООО «УрИЦ» проведен весь комплекс работ по проектированию, разработке программного обеспечения, изготовлению, монтажу и пусконаладке механического, гидравлического и электронного оборудования, позволивший решить все поставленные перед ними задачи, сводящиеся в конечном итоге к повышению производительности ППЛК и снижению себестоимости колес.

Для сокращения времени установки заготовки на пресс № 2 с необходимой точностью, принятой равной ± 1 мм, было предложено оснастить пресс центрователями с обеспечением времени их работы (от момента подачи управляющего электрического сигнала на сведение губок центрователей до момента подачи управляющего электрического сигнала на перемещение траверсы прессы) не более 2 с. При этом требования к точности установки роботом-манипулятором заготовки колеса на пресс № 2 (с точки зрения смещения оси заготовки относительно оси штампов) существенно снижаются. Однако, поскольку выполнение одного цикла работы центрователей требует промежутка времени порядка 2 с, то для желаемого сокращения продолжительности рабочего цикла, выполняемого на прессе № 2, время совместной работы робота-манипулятора и прессы № 2 должно быть сокращено на отрезок времени, превышающий 3,5 ... 4 с.

Возможность такого сокращения указанного промежутка времени путем изменения алгоритма управления роботом-манипулятором была предварительно проверена.

Основу центрователя (рис. 1) составляет сварной корпус, посредством которого центрователь с использованием болтов крепится к соответствующим колоннам прессы (один центрователь крепится со стороны пультовой ППЛК, а другой с противоположной стороны).



Рис. 1. Центрователь на участке отгрузки готовой продукции ООО «УриЦ»

В корпусе в направляющих втулках, снабженных направляющими лентами из антифрикционного материала, установлен покрытый хромом со стороны своей внешней рабочей поверхности ползун, выполненный из трубной заготовки, к которому через промежуточную плиту крепится узел роликов, предназначенный для непосредственного взаимодействия с заготовкой и установки ее по оси штампов.

Перемещение ползуна осуществляется с помощью гидроцилиндра, шток которого соединен с ползуном через закрепленную на штоке проушину и удлинни-

тель. Гидроцилиндр оснащен встроенным датчиком перемещения поршня. Корпус гидроцилиндра соединен с корпусом центрователя посредством цапф.

В конструкции центрователя имеется узел, предназначенный для удержания ползуна от проворота относительно корпуса центрователя.

Гидропанель управления центрователем, содержащая в своем составе быстродействующий гидрораспределитель с пропорциональным электрическим управлением, закреплена непосредственно на корпусе центрователя и закрыта защитным кожухом.

При работе ППЛК в режиме автоматического управления команда на начало работы центрователей подается тогда, когда клещи робота-манипулятора, с помощью которого осуществляется перенос заготовки колеса с прессы № 1 на пресс № 2, после установки заготовки на пресс № 2 выходят за пределы зоны работы центрователей.

По указанной команде на вход встроенного электронного блока управления пропорционального гидрораспределителя гидропривода каждого из центрователей с выхода контроллера подается управляющий сигнал, формируемый из условия обеспечения перемещения подвижных звеньев центрователей со скоростью, изменяющейся на начальном этапе движения по трапециидальному закону в соответствии с заданными значениями модуля a ускорений разгона и торможения и максимальной скорости v_{\max} . Торможение подвижных звеньев центрователей начинается при достижении ими определенного положения, соответствующая которому координата $z_{н.т}$ вычисляется по следующей формуле:

$$z_{н.т} = z_{ок} - \Delta z - (v_{\max}^2 - v_{доп}^2)/(2a),$$

где $z_{ок}$ — координата подвижных звеньев центрователя, соответствующая установке идеальной (с геометрической точки зрения) заготовки колеса с заданным номинальным диаметром соосно штампам прессы;

Δz — принятое максимально возможное смещение оси заготовки колеса относительно оси штампов прессы после установки заготовки на пресс роботом-манипулятором;

$v_{\text{доп}}$ — принятая максимально допустимая скорость перемещения подвижных звеньев центрователя при вступлении роликов центрователя во взаимодействие с заготовкой.

При осуществлении торможения подвижных звеньев центрователя из положения с координатой $z_{\text{н.т}}$ с модулем ускорения, равным a , скорость их движения снизится со значения v_{max} до значения $v_{\text{доп}}$ к моменту времени, когда подвижные звенья центрователя займут положение с координатой $z_{\text{к}}$:

$$z_{\text{к}} = z_{\text{ок}} - \Delta z .$$

На последнем этапе перемещения подвижных звеньев центрователей в направлении оси штампов обеспечивается их синхронное по координате перемещение со скоростью $v_{\text{доп}}$. Если для какого-то из центрователей такое движение обеспечить не удастся (из-за большого сопротивления движению, оказываемого заготовкой колеса) даже при открытии на максимальную величину проходного сечения выходного каскада пропорционального гидрораспределителя, управляющего его гидроцилиндром привода, то синхронное по координате перемещение подвижных звеньев центрователей осуществляется за счет снижения скорости движения подвижных звеньев опережающего центрователя.

После вступления роликов обоих центрователей во взаимодействие с заготовкой скорость движения их подвижных частей резко падает до нуля, а давление в поршневых полостях гидроцилиндров привода, контролируемое посредством датчиков давления, возрастает практически до давления питания.

При выполнении вышеуказанных условий формируется команда на разведение центрователей до потери контакта их роликов с заготовкой, а затем (после незначительной задержки по времени) на возвращение центрователей в исходное положение при трапециидальном законе изменения скорости движения их подвижных звеньев. При этом синхронность движения по координате подвижных звеньев центрователей не контролируется.

После прихода подвижных звеньев обоих центрователей в исходное положение формируется разрешение (по центрователям) на выполнение операции прессования заготовки колеса.

При использовании центрователей затраты времени на установку заготовки на пресс № 2 ППЛК снизились на 2 с при обеспечении стабильной точности позиционирования заготовки ± 1 мм. Высокая точность позиционирования позволяет уменьшить вес заготовки и сократить трудоемкость последующей механической обработки колес.



Рис. 2. Кольцевые коллектора к головкам охлаждения и смазки
в состоянии отгрузки

Для интенсификации охлаждения штампов в ходе проведенной модернизации ППЛК головки охлаждения дополнены кольцевыми коллекторами для подачи охлаждающей воды и воздуха с использованием эффекта воздуховодяного эжектора (рис. 2), увеличена пропускная способность системы охлаждения, в нее введены насосы, обладающие повышенным напором, при соответствующей замене распределительных устройств. Все это позволило сократить время ох-

лаждения штампов на каждом из прессов до 6 ... 8 сек и обеспечить необходимую температуру рабочей поверхности штампов перед нанесением на них смазки, что в конечном итоге благоприятно сказывается на стойкости последних.

Модернизированные манипуляторы охлаждения и смазки штампов прессов № 1, № 2 и № 3 выполнены с гидравлическим приводом (рис. 3).

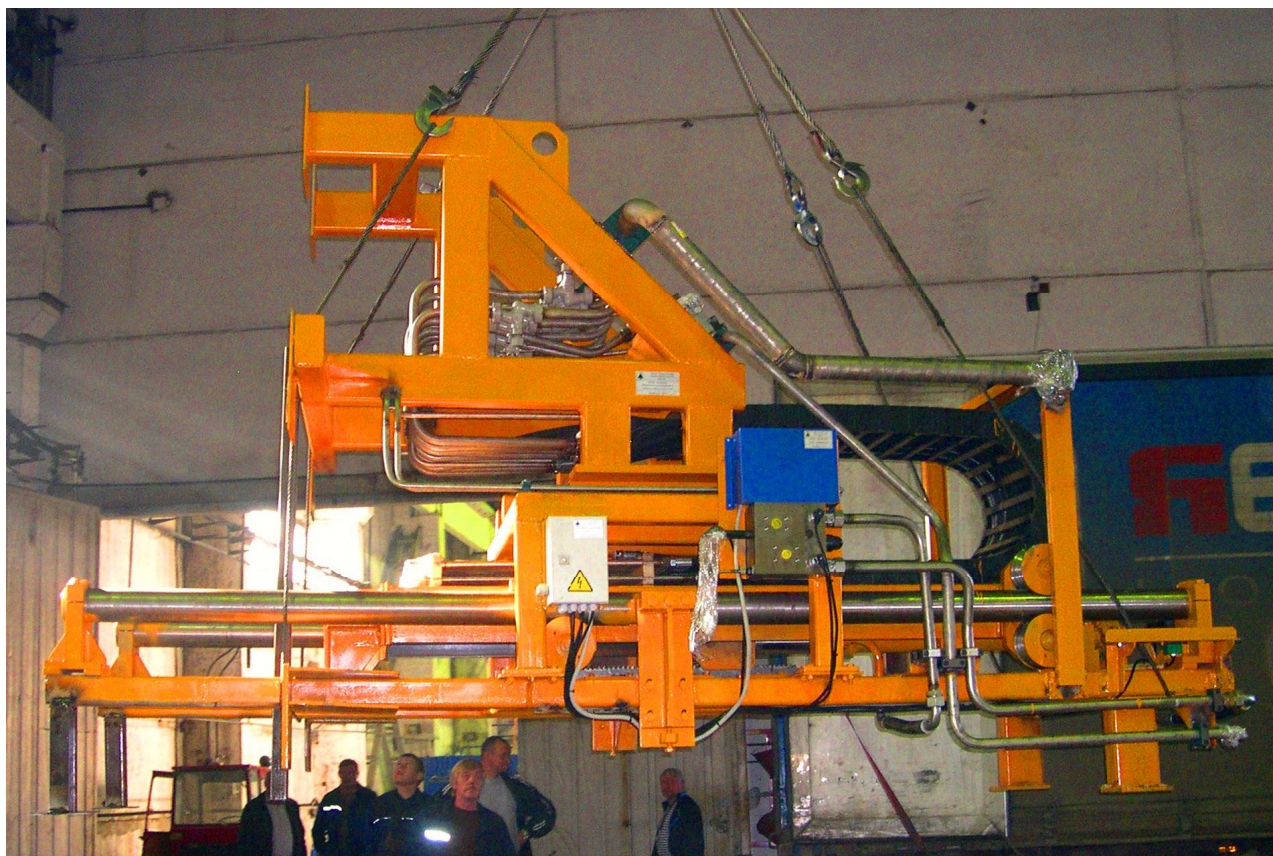


Рис. 3. Отгрузка манипулятора охлаждения и смазки с производственной площадки ООО «УриЦ»

Головка охлаждения и смазки штамповой оснастки с установленными на ней дополнительными водяными и воздушными коллекторами крепится к тележке манипулятора, которая перемещается на четырех блоках роликов по рельсовому пути (содержащему два цилиндрических рельса) с помощью гидроцилиндра, оснащенного встроенным датчиком перемещения поршня. Корпус гидроцилиндра привода тележки манипулятора посредством цапф соединен с рамой рельсового пути, а его шток через подшипниковый узел соединен с зуб-

чатым колесом, которое находится в зацеплении с двумя зубчатыми рейками, одна из которых закреплена на тележке, а другая на раме рельсового пути.

Рама рельсового пути установлена на подставке, которая крепится к фундаменту с использованием анкерных шпилек.

Подвод рабочих сред (охлаждающей воды, воздуха и смазывающей жидкости) к головке охлаждения и смазки с установленными на ней дополнительными водяными и воздушными коллекторами осуществляется через рукава высокого давления, установленные в кабельной (энергетической) цепи. При этом один конец кабельной цепи закреплен на тележке манипулятора, а второй на консоли. Консоль крепится к колоннам прессы и через траверсу соединена с подставкой, что обеспечивает высокую жесткость всех несущих конструкций манипулятора.

Гидропанели управления манипуляторами идентичны гидропанелям управления центрователями.

Использование разработанных и изготовленных ООО «УриЦ» манипуляторов охлаждения и смазки с гидроприводом позволило сократить общее время перемещения манипулятора с 5 ... 6 с до 2 с при обеспечении требуемой точности позиционирования.

В результате проведенной ООО «УриЦ» модернизации оборудования ППЛК время рабочего цикла на прессе № 2, который ранее был «узким» местом линии, сократилось с 46 ... 48 сек до 38 сек. Это позволяет увеличить производительность всей линии на 15 % и довести ее до расчетного значения: 90 колес в час.