

ПРОКАТНЫЕ КЛЕТИ С ГИДРОПРИВОДОМ

ROLLING STAND WITH HYDRAULIC DRIVE

Буркин С.П., Исхаков Р.Ф., Шимов В.В.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, spb@mtf.ustu.ru

In expansion plan the scope of hydraulic drive the new equipment for metal forming analyze the possibility and technological efficiency hydraulic drive rollers rolling stands. Describes all the advantages of a hydraulic drive in comparison with traditional electro-mechanical. Demonstrated the possibility developing compact stands with multi-roll caliber.

Keywords: rolling of sections and reduction rolling, hydraulic drive, speed coordination roll and cages, multi-roll caliber.

Малотоннажное производство металлопродукции может быть оправдано только при широком сорimente, например, катаных профилей, при быстрой переналдке оборудования при переходах от одного типоразмера изделия к другому и экономии энергии на всех переделах, как производства заготовки, так и ее пластической обработки. Уже очевидно применение непрерывных техпроцессов от выплавки металлов и сплавов до конечного формообразования металлоизделия, так как только здесь можно избежать многократных нагревов передельных заготовок и эффективно использовать тепло плавильного передела для горячей обработки [1].

При расширении области применения гидропривода в новом оборудовании для обработки давлением кроме технической новизны и патентной защищенности следует анализировать технологическую, а также конструктивную эффективность гидропривода основных исполнительных органов машин, которая определяется общими свойствами гидравлических объемных приводов, достаточно хорошо представленных в различных работах.

К основным достоинствам и преимуществам гидропривода перед электромеханическими системами следует отнести: – обеспечение более высокой надежности и резкое уменьшение простоев оборудования, поскольку в гидроприводе сравнительно просто реализуется резервирование; гидроаппаратура и объемные машины производятся на специализированных предприятиях и в настоящее время доведены до высокого уровня надежности; при использовании в металлургическом оборудовании электромеханических приводов постоянно возникают непреодолимые трудности в успешном конструктивном исполнении, в применении стандартных, серийно выпускаемых механизмов и узлов привода; – простоту и надежность предохранительных устройств гидроприводов, защищающие оборудование от перегрузок и снижающие аварийность; – уменьшение электрической и механической частей приводов и количества изнашиваемых узлов и деталей, так как централизованная насосная станция обслуживает большое число исполнительных механизмов; в гидроприводе не

существует проблем преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное, снижается количество редукторов и существенно сокращается длина трансмиссий;

– повышение показателей ремонтопригодности; организацию ремонта по агрегатному и узловому принципу; обеспечивается легкий доступ для техобслуживания, а сами гидравлические аппараты просто заменяются благодаря малым весу и габаритам;

– высокий уровень унификации гидроаппаратов и элементов привода, тогда как при электромеханическом приводе много разнотипного и нестандартного оборудования;

– высокую скорость и быстродействие, на порядок превосходящее электромеханический привод;

– высокую приемистость гидроприводов и резкое снижение длительности переходных процессов при резком изменении технологических нагрузок (например, моментов прокатки);

– значительное упрощение систем автоматизации;

– высокую точность позиционирования гидроуправляемых механизмов, возможность реализации сложных законов движения, бесступенчатость и широкий диапазон регулирования; возможность работы в динамических режимах при частых включениях, остановках, реверсах;

– компактность и простоту установки гидроустройства на корпусах технологических агрегатов;

– малые моменты инерции гидромоторов и гидроцилиндров привода; удельная масса объемных гидромашин составляет 0,5...1,8 кг/кВт и 4,5...12,5 кг/кВт – устройств электромеханического привода; на гидромоторы приходится не более 5 % момента инерции приводимого ими механизма, а для гидроцилиндров еще меньше, поэтому время их разгона и торможения не превышает обычно нескольких сотых или десятых долей секунды;

– отсутствие ограничений в достижении практически любых технологических усилий и моментов;

– простоту размещения оборудования привода, поскольку насосная или насосно-аккумуляторная станция размещается произвольно в удобном месте, а на технологическом оборудовании размещаются

только исполнительные механизмы (гидроцилиндры и гидромоторы);
– высокий коэффициент усиления мощности при малом числе каскадов усиления (до 1000 в объемных гидроцилиндрах);
– жесткость механической характеристики (особенно при наличии централизованной насосной станции с большим расходом рабочей жидкости), обеспечивающую стабилизацию скоростного режима агрегатов при значительных изменениях технологических нагрузок; в случае оптимальной загрузки насосных станций жесткость механических характеристик гидропривода определяется только сжимаемостью рабочей жидкости и упругими деформациями трубопроводов.

Однако практика широкого применения гидроприводов в металлургии свидетельствует о преодолении перечисленных недостатков.

Если речь идет о прокатке, то конфигурация плавно-литейно-прокатного модуля не должна допускать тяжелых обжимных клетей, пригодных только в крупнотоннажных производствах. Обжимные группы прокатных клетей заменяются проходными ковочными блоками, которые легко адаптируются к агрегатам прямого совмещения непрерывной разливки и деформационной обработки. Скорость разливки металла перестает играть определяющую роль в успехе прямого совмещения агрегатов. Ковочные блоки позволяют в автоматическом режиме перенастраиваться на широкий диапазон размеров сечения передельной заготовки. Малая длительность контакта металла с инструментом позволяет сохранять тепло, а благоприятная схема напряженного состояния при ковке гарантирует бездефектную заготовку для последующей, возможно отделочной прокатки. Управление частотой хода бойков и количеством участвующих в обработке секций ковочного блока решает проблему регулирования температурно-скоростного режима.

В производстве горячекатаных сортовых профилей из непрерывно-литой заготовки на литейно-прокатных модулях применение чистовых непрерывных прокатных блоков со всей очевидностью целесообразно. Заготовка для непрерывного блока с необходимым качеством формируется проходной ковкой и без дополнительного подогрева через петлевое устройство подается на прокатку.

Если при проектировании прокатного блока для непрерывного литейно-деформационного модуля ставится цель расширить сортамент профилей, в первую очередь внимание должно быть уделено универсальности и переналаживаемости блока. Применяемые в настоящее время чистовые прокатные блоки, входящие чаще всего в состав проволочных станов, не отвечают этим задачам. Они создаются в целях обеспечения высокой производительности проволочного стана и рассчитаны на прокатку с высокой скоростью. Высокоскоростная прокатка

предъявляет специфические требования к конструкции блока, не совместимые, как правило, с универсальностью и быстропереналаживаемостью. Групповой привод и фиксированная схема чередования клетей практически закрепляют за прокатным блоком единственную схему калибровки и постоянный режим обжатий. Когда чистовой непрерывный прокатный блок создается под схему калибровки овал–круг, то эта схема применяется для любых марок сталей и сплавов вне зависимости от пластичности металла и требований к готовой продукции. Например, катанка из низкоуглеродистой стали успешно катается по многим другим схемам, обладающим значительно более высокой вытяжной способностью. Применять же для прокатки этих сталей чистовой блок с калибровкой овал–круг, это значит заведомо идти на увеличение числа проходов и перерасход энергии и материалов.

Установка индивидуального управляемого электропривода на чистовые блоки влечет за собой существенное усложнение конструкции и эксплуатации оборудования. Тиристорные преобразователи дороги, громоздки и не позволяют обеспечить качественное скоростное согласование клетей из-за сравнительно мягких механических характеристик электродвигателей постоянного тока [2].

Проблема адаптации чистовых прокатных блоков с фиксированной схемой чередования клетей к системам калибровки с высокой вытяжной способностью (шестиугольник–квадрат, овал–квадрат) всегда связана либо с существенным вмешательством в конструкцию оборудования, либо с необходимостью установки кантовочных проволочных станов. Однако последнее несовместимо с особенностями высокоскоростной прокатки.

Для решения перечисленных проблем при проектировании чистовых прокатных блоков, входящих в состав литейно-деформационных модулей, практика использования гидропривода прокатных валков представляет несомненный интерес.

Обобщая опыт использования гидромоторов сравнительно небольшой мощности (до 60 кВт) для сортовой и плоской прокатки, уже можно сформулировать технологические задачи, успешно разрешаемые за счет особенностей этого типа привода:

- значительное снижение массы оборудования и потребных для размещения прокатных станов производственных площадей;
- простота и дешевизна систем управления скоростным режимом прокатки;
- простота конструктивного исполнения непрерывных прокатных и калибровочных блоков с индивидуальным приводом клетей;
- возможность построения чистовых прокатных блоков с переменным и произвольным чередованием клетей; реализация на этих блоках любого режима кантовки и широкой гаммы систем калибровок;

- устранение из главной линии привода шестеренной клетки;
- возможность управления в широком диапазоне режимом прокатки с рассогласованием окружных скоростей валков;
- обеспечение режима автонастройки прокатной клетки при необходимости устранения рассогласования скоростей валков.

Из литературы и практики прокатного производства известны нарушения нормального режима прокатки, связанные с несовершенством конструкций шестеренных клеток и других элементов главной линии привода. Громоздкий электромеханический привод не допускает однокорпусное исполнение прокатной клетки.

На электродвигатель, редуктор, шестеренную клетку и шпиндели приходится до 60...80 % массы прокатного стана и до 70...90 % занимаемой производственной площади.

Окружной люфт рабочих валков практически при любой конструкции шестеренной клетки и шпинделей находится в пределах от 0,3 до 80. Мероприятия, направленные на снижение люфтов в линии привода валков, удорожают оборудование и затрудняют его эксплуатацию.

При периодической прокатке окружной люфт валков служит причиной несанкционированного рассогласования скоростей валков в момент входа полосы и нерегулярного изгиба переднего конца заготовки, что ужесточает требования к конструкциям рольгангов и проводковых устройств, а также вынуждает прибегать к обрезке передних концов раскатов. Если не вводить специальные механизмы компенсации люфтов перед задачей полосы, то практически каждый проход выполняется с одним ведущим и одним холостым валком. Известно, что любая асимметрия очага деформации при прокатке (особенно плоской) сопровождается перерасходом энергии и неравномерностью нагрузки в линиях привода валков. В связи с этим растет количество поломок элементов привода и снижается надежность прокатного передела.

В настоящее время только тяжелые заготовительные станы снабжаются индивидуальным электроприводом валков, поскольку ранее используемые на этих станах шестеренные клетки способствовали частому разрушению рольгангов подачи заготовки в клетку при последовательной реверсивной прокатке.

При установке индивидуальных гидроприводов прокатных валков возможны три варианта их подключения к питанию от насосной станции: посредством независимых управляемых гидролиний, через общие напорные и сливные коллекторы, через делители и сумматоры потоков.

Из практики прокатного производства известно много причин асимметрии очага деформации: различная шероховатость рабочих поверхностей валков, неравномерность подачи смазки, градиент температуры по высоте полосы, неравномерность механических свойств металла по толщине полос. Любая асимметрия в первую

очередь проявляется изгибом заготовки на выходе из валков. По данным А.П. Чекмарева и А.А. Нефедова, основным фактором, определяющим характер изгиба полосы, является величина высотной деформации. Кроме распределения деформации по высоте очага деформации на изгиб влияют условия трения.

В работах А.П. Грудева показано, что при прокатке относительно высоких полос выходящий конец полосы изгибается в сторону гладкого валка, что объясняется асимметричным действием сил трения на контакте. Обжатие со стороны шероховатого валка становится больше среднего, и скорость выхода металла около этого валка выше, чем у гладкого валка. В то же время, по данным исследований В.А. Николаева, В.Н. Скороходова и В.П. Полухина, крутящий момент всегда выше на валке с большим коэффициентом трения. Таким образом, для выравнивания полосы на выходе из валков в случае асимметрии контактного трения необходимо уменьшить скорость шероховатого или недостаточно смазанного валка. С этой задачей успешно справляется неуправляемый гидропривод валков клетки. При возрастании момента прокатки на одном из валков растет соответственно гидросопротивление в линии подачи гидромотора этого валка. Происходит перераспределение потоков рабочей жидкости; валок с большим моментом тормозится, а другой ускоряется. Таким образом, осуществляется самовыравнивание полосы и устранение асимметрии. Потребляемая мощность после перераспределения потоков минимальна и равна мощности эквивалентной симметричной прокатки.

Симметричный выход полосы из валков может быть обеспечен саморегулированием потоков рабочей жидкости и в случае несимметричного входа полосы в валки. Например, если при прокатке высокой полосы последняя при входе отклонена в сторону нижнего валка, то на этом валке увеличиваются обжатие и момент прокатки, что приводит к отклонению полосы вверх на выходе из клетки. Гидросопротивление в напорной линии гидромотора привода нижнего валка возрастает, и скорость снижается. Гидросистема реализует прокатку с минимальной мощностью и симметризирует выход полосы из валков.

Современные серийно выпускаемые делители в состоянии поддерживать потоки рабочей жидкости с точностью 0,5 % при значительных (до 30 %) отклонениях момента прокатки от номинального значения.

Делители потока применены при создании двух промышленных прокатных клеток: клеть-дуо 150 плоской прокатки, созданная в лаборатории кафедр ОМД Уральского государственного технического университета-УПИ; четырехвалковая калибровочная клетка, эксплуатируемая на участке производства железнодорожных костылей одного из предприятий Свердловской области.

Двухвалковая клетка дуо-150 конструкции УГТУ-УПИ снабжена гидромеханическим

раздельным приводом валков. Мощность гидромотора аксиально-плунжерного типа составляет 30 кВт. Передаточное число редукторов 16. Межвалковый зазор регулируется в диапазоне 0...20 мм с помощью поворота эксцентриковых втулок в подушках корпуса клетки. Неразъемный корпус обеспечивает повышенную жесткость клетки. Скорость прокатки настраивается регулятором расхода.

Исследование работы клетки в широком диапазоне толщины полосы показало высокую стабильность прокатки. Если не используются специальные средства для ввода асимметрии при плоской прокатке, то полоса во всех случаях выходит из валков без отклонения. Этого не удавалось добиться на всех других подобных лабораторных станах плоской прокатки, снабженных традиционным электромеханическим приводом.

Четырехвалковая калибровочная клетка, снабжена коническими валками, образующими квадратный калибр. Использование таких валков позволяет регулировать размер четырехвалкового калибра осевым смещением валков. В то же время конические валки имеют еще одну немаловажную особенность, которая позволяет способ прокатки на конических валках рассматривать как перспективный. Вследствие поперечной разности окружных скоростей валков к очагу деформации прикладываются дополнительные сдвиговые напряжения, снижающие контактные давления и полное давление металла на валки. Однако под действием дополнительных напряжений сдвига возможно осевое скручивание профиля, которое следует учитывать при проектировании техпроцесса калибровки.

Каждый валок через цилиндрический редуктор приводится гидромотором мощностью 30 кВт. В линии подачи рабочей жидкости давлением до 20 МПа применен один делитель потока, причем смежные валки приводятся от двух последовательно присоединенных гидромоторов. Такая схема включения экономит гидроаппаратуру (один делитель вместо трех) и обеспечивает удовлетворительный захват полосы при входе в калибр. Приводы калибровочной клетки подключены к центральной насосной станции, обеспечивающей практически неограниченный расход рабочей жидкости. Поэтому механическая характеристика имеет высокую жесткость и изменение момента прокатки при калибровке практически не сказывается на скорости прокатки, что дает возможность встраивать клетку в непрерывную линию подачи заготовки к штамповочному блоку.

Основным технологическим требованием для непрерывной прокатки является соблюдение строгого согласования скоростей прокатки в каждой клетке, исходя из условия постоянства секундных объемов металла. В связи с этим электропривод или гидропривод непрерывных станов должен удовлетворять следующим условиям:

- точному поддержанию заданного соотношения скоростей на холостом ходу и при нагрузке;
- возможности плавного регулирования скорости в широких пределах;
- возможности пуска и остановки привода всего стана и отдельных клеток; последнее необходимо при ремонте и наладке, а также в аварийных случаях.

Использование гидропривода прокатных валков во всех клетках как чистового, так и калибровочного блоков не нарушает традиционных принципов регулирования и способов скоростного согласования приводов. Регулирование может быть двух типов: электрическое или гидравлическое. Электрическое управление скоростью привода прокатных валков может быть и при использовании гидропривода, если гидромоторы одной клетки питаются от индивидуальной насосной установки, приводимой от электромотора. Механическая характеристика электропривода такой насосной станции становится характеристикой и гидропривода. В этом случае управление скоростью клетки выполняется за счет изменения скорости электромотора, поскольку последняя однозначно определяет расход жидкости высокого давления, подаваемой в гидромоторы рассматриваемой клетки.

Гидравлическое управление скоростью валков и согласование клеток имеет место при объединении всех насосных станций в одну с применением напорного коллектора или при установке одного насоса с достаточно большим расходом. Теперь условия работы каждого конкретного гидропривода не сказываются на расходе и давлении в напорной магистрали групповой насосной станции. В этом случае говорят о гидроприводе с бесконечно большим расходом.

Механическая характеристика каждого гидромотора при отсутствии утечек в напорной линии является жесткой, и качественное управление скоростью осуществимо с помощью регуляторов расхода, устанавливаемых либо в напорной, либо в сливной магистралях привода. Гидравлическое регулирование скорости обладает неоспоримым достоинством — возможностью построения низкоточных цепей контуров регулирования без привлечения громоздких и дорогих тиристорных или частотных преобразователей и генератор–двигательных установок. В то же время следует помнить, что насосных систем с практически бесконечным расходом не существует, а завышение расхода всегда связано с дополнительными и неоправданными затратами. Практически трудно иметь конструкцию гидравлической арматуры и гидроприводов, полностью лишенную утечек рабочей жидкости; любые несанкционированные изменения расхода или его нестабильность снижают жесткость механической характеристики привода и нарушают однозначное соответствие между настройкой регулятора расхода и скоростью

гидромотора, в напорной линии которого установлен этот регулятор.

При гидравлическом согласовании скоростей валков прокатных блоков реальный расход рассматривается как источник информации о скорости валков в конкретной клетке и используется в системе управления для организации контура обратной связи.

Учитывая высокую стоимость любого варианта электрического управления скоростью прокатки, следует отдать предпочтение гидравлическому управлению, предусмотрев при проектировании построение насосной станции с достаточно большим расходом (объединив все локальные насосные станции в единую систему).

Станина блока выполнена цельносварной, секционированной. В каждой секции установлены седла для укладки в них поворотных цапф корпусов клеток. Через седло, замыкаемое крышкой, организуется гидроподвод как системы подачи и слива рабочей жидкости, так и системы охлаждения. Гидропривод не нарушается и не перенастраивается при развороте любой клетки по отношению оси прокатки.

Двухвалковые клетки выполняются однокорпусными. Валки с подшипниковыми узлами устанавливаются в параллельные расточки корпуса и монтируются в эксцентрично

установленных поворотных подушках с ручным червячным приводом поворота. В качестве валков используются твердосплавные или стальные кольца, зажимаемые между стяжными цапфами подшипниковых узлов. Для привода валков устанавливается по два гидромотора с редукторами, закрепленными на подушках.

Осевая регулировка валков осуществляется винтами за счет смещения подушек в расточках корпуса клетки. Регулировка зазора между бочками валков – за счет поворота эксцентриковых подушек. Проводковые устройства закрепляются в осевых расточках корпуса с возможностью осевой и угловой настройки относительно калибра валков.

Библиографический список

1. Буркин С.П., Шимов В.В., Исхаков Р.Ф., Андрюкова Е.А. Совершенствование техники и технологии прокатки в многовалковых калибрах: учебное пособие. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2010. 362 с.
2. К выбору гидромотора для привода прокатной клетки /Р.Ф. Исхаков, Д.Ю. Шадрин, С.П. Буркин, Н.А. Бабайлов //Научные труды VII отчетной конференции молодых ученых ГОУ ВПО УГТУ-УПИ. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. Ч.1. - с.306-307;