

ТЕХНОЛОГИЯ ПРЯМОГО ПРИВОДА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ВРАЩАТЕЛЬНЫМ СИСТЕМАМ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ В ВАКУУМЕ

Кузнецов Е.Ф.¹, Кухта М.С.²

¹ФГАОУ ВО «НИ ТПУ», ОМШ ИШНПТ, группа 4НМ31

e-mail: efk5@tpu.ru

²ФГАОУ ВО «НИ ТПУ», ОАР ИШИТР, д.ф.н., профессор

e-mail: kuhta@tpu.ru

Электронно-лучевая сварка, обычно осуществляемая в техническом вакууме 10^{-2} – 10^{-4} Па. В электронной пушке формируется электронный пучок с большой плотностью энергии. Сфокусированные в плотный пучок летящие электроны ударяются с большой скоростью о малую, резко ограниченную площадку на изделии, при этом кинетическая энергия электронов, вследствие торможения в веществе, превращается в теплоту, нагревая металл до очень высоких температур. Под электронным лучом образуется расплав, который заполняет стык на всю глубину. Электроны одновременно воздействуют на металл по всей поверхности стыка. Для перемещения луча по свариваемому изделию на пути электронов помещают магнитную отклоняющую систему, позволяющую устанавливать электронный луч точно по линии сварки.

ЭЛС действует аналогично лазерной, только в отличие от светового луча пучок электронов невидим. Энергия его значительно превосходит лазер, площадь воздействия меньше. Все эти факторы минимизируют сварочные деформации и нежелательные структурные превращения, влияющие на механические свойства металла. Движение электронов в вакууме не сопровождается световыми эффектами и поэтому луч не виден, но его действие на вещество можно наблюдать по нагреву места бомбардировки, свечению люминофоров и т. п.

Электронно-лучевая сварка (ЭЛС) применяется для уникальной операции соединения изделий из высокопрочных сталей и сплавов на основе алюминия и титана. Поскольку процесс ЭЛС происходит в вакууме, это позволяет сохранять исходную чистоту свариваемого металла и получать сварные швы очень высокого качества. При помощи ЭЛС также можно получать высокое качество сварных соединений химически активных металлов и сплавов: молибдена, титана, ниобия, циркония. Как правило, во многих случаях происходит дегазация металла шва и одновременно повышение его пластических характеристик.

Кроме того, ЭЛС незаменима при соединении низкоуглеродистых, коррозионностойких, медных, никелевых сталей, алюминиевых сплавов. Сегодня на отечественных и зарубежных предприятиях широко применяются электронно-лучевое оборудование с источниками косвенного и прямого накала катодов [3]. В установках с внутрикамерным расположением источников появляется возможность сварки соединений горизонтальным или наклонным лучом по сложным траекториям движения.

Точная механика в сочетании с компьютерными технологиями и системами управления устраняют зависимость качества итоговых соединений от человеческого фактора. Автоматическое сварочное оборудование просто и надежно в эксплуатации, и его обслуживание не подразумевает существенных трудовых затрат. Запрограммировав установку, необходимо лишь контролировать наведение электронного луча в нужное место и его прохождение вдоль сварного шва.

Широкая номенклатура свариваемых электронным пучком узлов и деталей, разница их массогабаритных параметров и технических требований к качеству сварки не позволяют реализовать единые подходы и универсальные технические решения как для электронно-лучевой установки в целом, так и для ее составляющих. Поэтому в составе установок электронно-лучевой сварки широко используются много-осевые прецизионные манипуляторы и вращательные системы для точного перемещения свариваемых узлов и деталей в пространстве вакуумной камеры.



Рис. 1. Осевой манипулятор

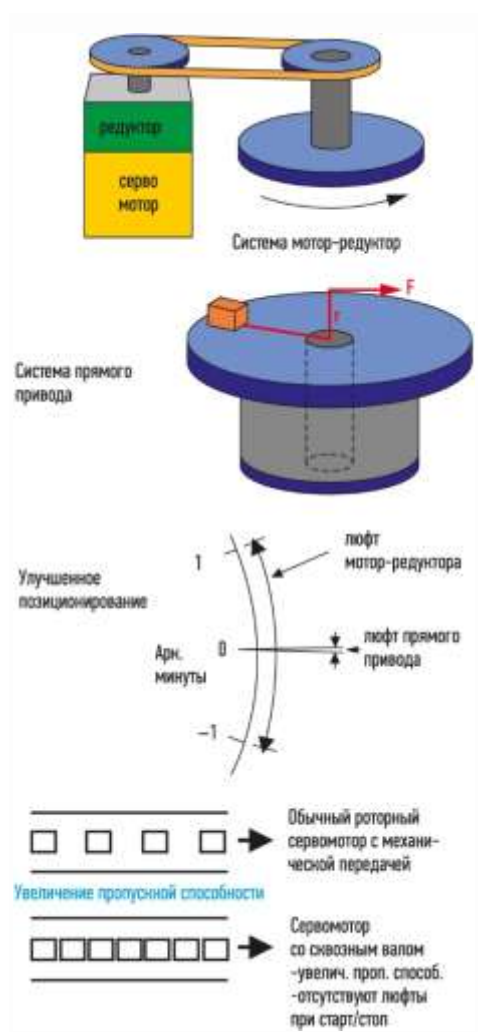


Рис. 2. Технологии передачи движения

Манипулятор позволяет подвести изделие под электронный луч (наведение луча на стык свариваемых изделий) и перемещать изделие под лучом с заданной скоростью и по заданной траектории. Для вращательного движения используют асинхронные и синхронные электродвигатели, а для линейного в основном применяют механическую передачу в виде шарико-винтовой пары с кареткой, перемещающейся по рельсам, линейные актуаторы и линейные серво-двигатели.

Одним из важных требований к современным сервоприводам является высокая точность позиционирования, которую сложно обеспечить из-за особенностей передаточных механизмов. Избавиться от таких погрешностей позволяет использование прямого привода. В соответствии с этой концепцией электродвигатель и приводимый им в движении механизм являются единым целым. Само понятие «прямой привод» означает, что механизм непосредственно подключен к приводящему его в движение электродвигателю, то есть не имеет передаточных элементов. Это относится как к вращательному, так и к линейному передвижению.

Использование прямого привода позволяет улучшить массогабаритные характеристики и удешевить устройство, а в отдельных случаях уменьшить потери энергии.

Достоинства электрических машин с прямым приводом:

1. Отсутствие ремня привода редуктора или любого другого механизма передачи механической энергии, что уменьшает вероятность выхода установки в целом из строя.
2. Меньшая вибрация во время работы. Это обеспечивается отсутствием у машины передающего звена и центральным расположением двигателя, что благотворно сказывается на общей центровке и балансировке всего механизма.
3. Низкий уровень шума во время работы.
4. Меньшее электропотребление за счет уменьшения механических потерь на трение.
5. Более длительный срок эксплуатации.
6. Большее быстродействие по управлению исполнительным механизмом и рабочей машиной.

Компоненты механической передачи накладывают ограничения на то, как быстро можно произвести запуск и остановку исполнительного механизма. Из-за этих факторов понижается возможная пропускная способность машины с традиционным приводом, что напрямую влияет на ее производительность. Машины с прямым приводом быстрее изменяют скорость вращения, могут резко останавливаться и менять направление вращения, что значительно сказывается на качестве технологического процесса, обеспечиваемого этими машинами.

Кроме того, традиционные передаточные механизмы имеют редуктор, ремень/шкив или кулачковый механизм. Но любой, даже самый прецизионный редуктор имеет люфт, у ременной передачи и кулачковых механизмов тоже есть погрешности, не говоря о том, что они увеличивают размеры привода, что в некоторых случаях их применения особенно критично. В связи с этим технология прямого привода является весьма перспективной. Она находит все большее применение также в станкостроении. Необходимость создания высокомоментных электродвигателей привела разработчиков к созданию совмещенной конструкции синхронных двигателей с постоянными магнитами на роторе.

Технология, лежащая в основе высокомоментных двигателей прямого привода, позволяет упростить конструкцию станка и повысить точность перемещения. При этом исключается люфт в редукторе или приводном ремне.

Сегодня на российском рынке представлено множество брендов, которые предлагают свои решения в области высокомоментных прямого привода. Реализуемая технология прямого привода в технологических установках с электромеханическими преобразователями энергии позволяет минимизировать массогабаритные показатели, улучшить энергетические характеристики за счет уменьшения механических потерь в устройствах сопряжения электродвигателя с технологическим оборудованием, повысить точность перемещения.

Список литературы

1. Сидоренко А.А., Пустовых И.В., Перспективы развития электронно-лучевой сварки в России // Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы. – Кемерово: ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева», филиал КузГТУ в г. Новокузнецке, 2023. – С. 287–288.
2. Четырех-координатный манипулятор для установки электронно-лучевой сварки К.В. Бескончин, Д.Б. Золотухин, А.А. Зенин, А.В. Тюньков, Ю.Г. Юшков, ТУСУР 2017, Т. 20.
3. Лукин М.А. Научно-технический уровень сварочного производства в современной России // Вестник Псков. гос. ун-та. – 2014. – № 4. – С. 134–142.
4. Технология прямого привода: меньше деталей, больше точности // URL: <https://controleng.ru/apparatnye-sredstva/ispolnitel-ny-e-ustrojstva-i-privody/kollmorgen/>
5. Кашин Я.М., Копелевич Л.Е., Самородов А.В., Голованов А.А., Феофанова А.С., Технология прямого привода применительно к установкам центрифугального сепарирования // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. Выпуск 1 (256) 2020.