

# Обработка центрального базирования

ВНИИИНСТРУМЕНТ



АО «ВНИИИНСТРУМЕНТ»\* разработано, изготовлено и пущено в эксплуатацию на Кольской АЭС (Филиал АО «Концерн Росэнергоатом») уникальный обрабатывающий центр объектного базирования.

Обработывающий центр объектного базирования, в производственной практике еще называемый мобильным (или транспортабельным) станком с ЧПУ, мод. МРСП-300 создан по Техническому заданию заказчика и обладает уникальными эксплуатационными характеристиками.

Центр предназначен для выполнения двух операций механической обработки при ремонте трубопроводов диаметром 560 мм – вырезки отверстия диаметром 199 мм и расточки вваренного в трубопровод штуцера на диаметр 207 мм.

Особую сложность при разработке центра представляли жесткие массогабаритные ограничения, вызванные особо стесненными условиями работы в зоне ремонта и ограничениями нагрузки на трубопровод. Габариты центра ограничены специфическим расположением штуцера относительно трубопровода. Штуцер присоединяется к трубопроводу снизу, что на некоторых участках при низком расположении трубопровода относительно пола цеха ограничивает общую габаритную длину центра до 1600 мм. В некоторых случаях расстояние до стены цеха, также как и до радиусного участка трубопровода, составляет не более 235 мм.

Масса центра ограничивается 100 кг. При этом необходимо добиться массы отдельных узлов, не превышающей 25 кг, определяемой требованиями охраны труда на предприятии, поскольку транспортировка отдельных узлов станка перед монтажом на трубопроводе из-за сложной конфигурации оборудования цеха производится на конечном участке исключительно вручную, а в некоторых случаях – и на большую высоту по сборным лесам. Массогабаритные ограничения и установка центра на трубопроводе, являющемся естественным резонатором колебаний, определили особо высокие требования к виброустойчивости конструкции, потребовали применения для изготовления большинства деталей высокопрочного алюминиевого сплава.

Одной из наиболее приоритетных задач при разработке конструкции станка являлось максимально возможное снижение длительности работы оператора непосредственно в рабочей зоне – зоне повышенной радиационной нагрузки. С этой целью было принято инновационное решение – обеспечить монтаж узлов центра по фиксированным базам, исключив применяемый в большинстве импортных мобильных станков метод юстировки станка и отдельных его узлов посредством регулировки с контролем взаимного положения исполнительных органов относительно изделия измерительными средствами. Такая традиционная схема достаточно трудоемка, требует высокой квалификации персонала и дополнительных затрат времени на неоднократную юстировку. Напротив, схема «вставил и закрепил» в этих условиях наиболее эффективна.

Дополнительным фактором, сокращающим время выполнения операций, является высокая производительность центра, который позволяет производить расточку штуцера с максимальной подачей до 0,4 мм/об. Максимальная глубина резания при сверлении отверстия составляет 8 мм.

Управление центром осуществляет устройством ЧПУ (УЧПУ), которое позволяет автоматизировать весь процесс резания, включая циклы осевой и радиальной подачи, корректировку режимов резания, дистанционный контроль положения исполнительных

органов. Автоматизировано не только осевое, но и радиальное перемещение режущего инструмента при расточке. Отсутствует необходимость в процессе расточки многократного возвращения оператора в рабочую зону для радиального смещения резца. Программное управление и цифровая индикация положения исполнительных органов существенно снижают трудоемкость работы оператора, обеспечивают возможность, в случае необходимости, гибкой корректировки структуры автоматических циклов, траекторий инструмента и режимов резания на каждом отдельном участке обработки.

Для сокращения дозовой нагрузки на персонал УЧПУ вынесено на расстояние до 12 м от зоны обработки и может быть установлено в защищенной от радиации зоне цеха. В случае необходимости оперативное управление центром в ручном режиме может осуществляться посредством пульта дистанционного управления.

Обрабатываемый материал – нержавеющая сталь аустенитного класса, которая, в связи с высокой вязкостью и низким коэффициентом теплопроводности, предполагает применение смазочноохлаждающей технологической среды (СОТС). Обработка «всухую» ведет к значительному наростообразованию на режущей кромке инструмента и обработанной поверхности, требует дополнительного ограничения режимов резания. Однако обеспечение надежного подвода СОТС в зону резания за счет высокой производительности насоса и высокого давления в условиях ремонта невозможно, поскольку требует закрытого ограждения, бака объемом не менее 100 л, развитой системы

сбора СОТС и стружки, наличия устройства фильтрации.

Решение данной проблемы состоит в том, что обрабатывающий центр оснащен системой, в настоящее время широко применяемой на стационарных обрабатывающих центрах, – подвода СОТС непосредственно в зону резания через вращающийся шпиндель станка и резцедержки как сверлильной, так и расточной оправки, точно на режущую кромку твердосплавной пластины. Системы автоматического подвода СОТС на мобильных станках до настоящего времени не применялись. Такое революционное решение позволило обеспечить выполнение каждой операции обработки трубопровода, как вырезки отверстия, так и расточки, одной заправкой автономного бака СОТС объемом 25 л, с давлением 0,1 МПа при высоте зоны резания от бака до 2 м без применения оборотного цикла. Сбор стружки и отработанной СОТС осуществляется в поддон, расположенный непосредственно под зоной обработки. Такой минимальный, но точный подвод СОТС обеспечивает необходимое охлаждение и смазку режущего инструмента и обработанной поверхности, надежный стружкоотвод непосредственно от режущей кромки.

Уникальным решением является привод радиального перемещения режущего инструмента. Двухсторонняя расточная резцедержка с двумя синхронно радиально перемещающимися в противоположных направлениях ползунами с закрепленными на них резцовыми вставками с СМП приводится в действие синхронным редукторным приводом, установленным неподвижно в блоке приводов в нижней части центра. Причем жесткие массогабаритные ограничения не позволяют в данном случае применять широко распространенные в мобильном оборудовании иностранного производства дифференциальные зубчатые механизмы. Радиальное перемещение резцов (координата X) осуществляется под управлением УЧПУ посредством оригинального механизма через вращающийся шпиндельный узел.

Шпиндель станка смонтирован на двух парах комплектов прецизионных подшипников. В осевом и радиальном приводах применяются шариковинтовые пары на шариковых опорах с предварительным натягом и синхронные комплекты электроприводов. В главном приводе с двухступенчатым редуктором также применен синхронный комплектный электропривод.

Обрабатывающий центр защищен от коррозии как во время работы в условиях цеха с повышенной влажностью и применения водорастворимой СОТС, так и при необходимости проведения дезактивационных работ. Все детали крепления выполнены из нержавеющей стали, а открытые детали корпуса – из защищенных от коррозии материалов. Все электрические разъёмы, как корпусные, так и кабельные, обеспечены съёмными заглушками, устанавливаемыми при демонтаже центра.

В отличие от широко распространенного способа вырезки отверстий в листовых и трубных заготовках с помощью кольцевого трепанирующего сверла из быстрорежущей стали, в данном случае применены специальные сбор-



Рис. 1. Общий вид обрабатывающего центра МРСП-300

ные торцовые канавочные резцы со сменными твердосплавными многогранными пластинами, обеспечивающими контролируемую стружкоотвод, высокую производительность, значительное снижение крутящего момента.

Применение в механизме крепления обрабатывающего центра на трубопроводе текстильной ленты высокой грузоподъемности обеспечивает не только усилие закрепления до 100 кН, но и высокие антивибрационные характеристики.

В обоих случаях, и для операции сверления, и для операции расточки, применяется единый узел крепления – обойма, обеспечивающая без дополнительной юстировки не только точную установку относительно наружной поверхности трубопровода, но и относительно наружных поверхностей штуцера. Для ускорения ручной выставки станка в горизонтальном направлении относительно оси трубопровода на боковой стенке обоймы закреплен пьезорычковый уровень.

Еще одним неоспоримым преимуществом созданного обрабатывающего центра является удобство транспортировки и хранения.

Все основные узлы станка, включая УЧПУ, блоки приводов, электроавтоматики, 5-метровый силовой и 12-метровый кабель управления, электромеханические узлы станка, ЗИП, поддон для СОТС смонтированы в едином моноблоке, представляющем собой электрошкаф-контейнер с запирающимися дверцами, в верхнем отделении которого размещены все органы управления и блоки электроники, включая дисплей и пульт оператора, а в нижнем с помощью специальных кронштейнов закреплены на период транспортирования и хранения все электро-механические узлы станка. Таким образом, станок в транспортном положении представляет собой вертикальную стойку на четырех поворотных колесах со стопорами, оснащенную четырьмя ручками на боковых стенках для ручной транспортировки и четырьмя рымболтами на крыше для транспортировки с помощью крановых механизмов. Минимальный вес моноблока в разгруженном состоянии позволяет переносить его через препятствия двум операторам.

Станок с ЧПУ объектного базирования создан в РФ впервые. По своим характеристикам он не имеет мировых аналогов. Обрабатывающий центр такой высокой функциональности, по своим возможностям не уступающий стационарным станкам с ЧПУ, существенно расширяет технологические возможности заказчика. Его функционал не ограничен только операциями ремонта трубопроводов. Опциональные дополнительные устройства, технологическая оснастка и инструмент позволяют расширить область его применения в выполнении самых разнообразных и сложных операций механической обработки, как при проведении ремонтных работ, так и изготовлении крупногабаритных изделий судостроения, энергетического и тяжелого машиностроения.

Обрабатывающий центр МРСП-300 является примером реального инновационного импортозамещения в области станкостроения, переоснащения отечественной тяжелой промышленности полнофункциональными многокоординатными станками с ЧПУ объектного базирования.

**Негинский Е. А.**, зам. ген. директора АО «ВНИИИНСТРУМЕНТ»  
**Боровский В. Г.**, зав. отделом инновационных технологий механической обработки АО «ВНИИИНСТРУМЕНТ».  
**Мальцев С. А.**, ген. директор ООО «ВНИИИНСТРУМЕНТ-СТС»  
**Стребков А. В.**, зам. начальника цеха централизованного ремонта Кольской АЭС.



Рис. 2. Расточная оправка



Рис. 3. Сверлильная оправка



Рис. 4. Канавочный резец с СМП



Рис. 5. УЧПУ



Рис. 6. Обработанная поверхность трубопровода

\*Работа выполнена по договору №17/313/КВ/3896 от 27.06.2017 г.