Мобильные технологические комплексы на базе механизмов с параллельной кинематикой для механической обработки корпусных конструкций

Фивейский Дмитрий Сергеевич
Магистрант,
Институт судостроения и морской арктической техники (Севмашвтуз),
Филиал САФУ в г. Северодвинске
Кафедра «Кораблестроение»

Ключевые слова: судостроение, технологический комплекс, кинематика, обработка, корпусные конструкции, сварка, обработка, механотроника, станок.

Аннотация: в статье рассматривается перспектива мобильных технологических комплексов на базе механизмов с параллельной кинематикой для механической обработки корпусных конструкций.

Введение

Развитие машиностроительной индустрии России требует совершенствования средств и методов обработки, а также контроля геометрии поверхностей деталей сложной формы на основе технологического оборудования, использующего принципы мехатроники. Применение традиционных станков с ЧПУ или роботизированных комплексов все чаще оказывается малоэффективным для решения задач обработки поверхностей сложной геометрии и формирования этих поверхностей рабочим инструментом, подачей команд от управляющего компьютера. Одним из вариантов решения этой проблемы является использование механизмов параллельной кинематики, которые имеют: надежную конструкцию, высокую производительность благодаря динамике и сочетанию технологий, гибкость настройки и многое другое.

Обработка корпусных конструкций в настоящее время

Необходимым условием обеспечения живучести подводной лодки на больших глубинах погружения является равнопрочность сварных соединений с основным металлом прочного корпуса. Для этой цели при сварке высокопрочных сталей используются специальные сварочные материалы.

Вследствие обусловленного термического цикла для сварки высокопрочных сталей и физических свойств сварочных материалов, требующих низких режимов сварки, технологический процесс выполнения сварочных работ является исключительно ответственным, но в то же время весьма трудоемким и малопроизводительным.

Достижение высокой производительности сварочных работ и надежного качества сварных соединений обеспечивается применением автоматической электродуговой сварки, что в свою очередь повысило требования к разделке кромок под сварку.

Для корпусных конструкций «оболочечной» формы и конструкции коробчатой формы (обечайки, цилиндрические и конические секции, сферические переборки, рамы ПТУ, настилы и пр.) допуски на размеры обрабатываемых поверхностей не выше H8, требуемая шероховатость Rz40 и выше. Отклонения геометрической формы поверхностей конструкций от теоретических значений до 10 мм. Виды обработки корпусных конструкций:

— точение наружных и внутренних поверхностей;

— обработка фасок и лысок на торцах;

— сверление и растачивание отверстий;

— обработка фасок в отверстиях;

— фрезерование опорных поверхностей;

— нанесение контрольных линий, осевых, образующих;

— обработка вварного слесарно-монтажного насыщения.

В настоящее время для обеспечения повышенных требований к разделке сварочных кромок корпусных конструкций широко применяются уникальные металлорежущие станки. Применение уникальных станков решают задачи качественной подготовки разделок сварочных соединений. Вместе с тем есть ряд недостатков освоенной технологии, а именно:

— высокая стоимость оборудования;

— значительные монтажные, пуско-наладочные и эксплуатационные расходы;

— большие занимаемые производственные площади;

— одноинструментальная обработка;

— последовательная обработка поверхностей.

Перспектива развития

В последние десятилетия стремительно развивается новое направление современной науки и техники — мехатроника. Согласно Государственному образовательному стандарту Российской федерации: «Мехатроника — это отрасль науки и техники, которая построена на синергическом объединении узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами, что обеспечивает проектирование и производство качественно новых модулей, систем и машин с интеллектуальным управлением их функциональными движениями». Такое определение закладывает идею глубокой взаимосвязи механических, электронных и компьютерных элементов [1,2].

Одним из направлений развития мехатроники является создание нового поколения технологического оборудования с механизмами параллельной структуры (МПС).

Особенности конструкции МПС:

— лёгкая и жёсткая рамная конструкция;

— параллельный механизм;

— шесть раздвижных опор, поддерживающих шпиндель, обеспечивают максимальную жесткость конструкции;

— принцип действия — механизм позиционирует шпиндель, управляя длиной раздвижных опор;

— обработка деталей с наклонными отверстиями, фасками и вертикальными стенками — одновременно по 5 осям;

— изменяемый угол наклона шпинделя;

— высокая скорость обработки;

— максимальное ускорение: 1.5G.

Концепция станка мобильного 5-осевого узла перемещения делает возможным пространственное перемещение фрезерного шпинделя или другого узла обработки.

С помощью электронного измерительного щупа определяется положение обрабатываемой детали относительно системы координат станка (нулевая система) [3].

Система координат станка по всем 6 степеням свободы смещается, то есть поворачивается так, что соответствует определённой координатной системе детали, т.е. все программируемые перемещения станка относятся к координатным осям обрабатываемой детали, даже если они располагаются перевёрнутыми или смещёнными в пространстве.

Рама станка, отвечающая жёсткой форме икосаэдра, образует несущую структуру для 5 приводов подачи (параллельная кинематика) и может, как угодно, позиционироваться в пространстве и крепится посредством механического, магнитного или вакуумного зажимного устройства на полу производственного цеха, станине станка или непосредственно на обрабатываемой детали.

Так нетранспортабельные, большие детали могут обрабатываться на месте или более гибко обрабатываться на имеющихся станках. Более старые станки CNC могут быть, таким образом, переоснащены новыми обрабатывающими по 5 осям центрами.

Инновационный характер станков параллельной структуры, помимо оригинальности, определяется их существенными преимуществами использования перед станками с традиционной кинематикой, а именно:

— легкая сборка и перемещение станка;

— оптимальные условия хранения станков для реализации скоростной обработки (значительно меньшая масса подвижных частей и постоянство их массы);

— значительное упрощение конструкции в особенности по сравнению со станками для пятикоординатной обработки (простая станина, где все приводы перемещения узлов и измерительные системы одинаковы, значительное уменьшение количества узлов и общего количества деталей, отсутствие «наслоения» одних узлов на другие, повторяемости деталей);

— значительное сокращение общей массы станка;

— штанги работают только на растяжение-сжатие при отсутствии изгибающих нагрузок;

— высокая жесткость несущей системы станка.

Промышленный образец станка с параллельной структурой представлен на рисунке 1.

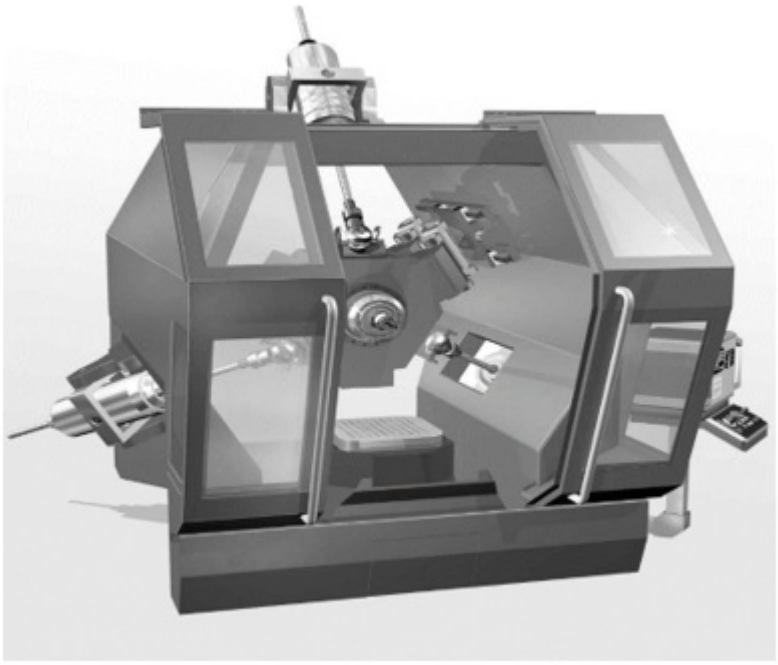

Рисунок 1 — Промышленный образец станка с параллельной структурой

Вместе с тем рассматриваемые станки имеют определенные недостатки, существенно ограничивающие область их преимущественного использования по сравнению со станками традиционной структуры, а именно:

— сложность обеспечения точности результирующего перемещения интерполяцией всех составляющих перемещений за счёт изменения длин всех штанг;

— недостаточная нагрузочная и демпфирующая способности элементов по сравнению с направляющими при традиционной кинематике станков при больших силовых нагрузках (в особенности переменные), возникающие при обдирочных работах, и позволяют производительно выполнять только чистовую обработку с относительно небольшим сечением стружки и усилиями резания;

— система стержней ограничивает возможность угловых наклонов шпинделя обычно диапазоном ±30°;

— неблагоприятное соотношение объема рабочего пространства к объему станка.

Перечисленные недостатки сдерживают, но не останавливают работ по созданию станков параллельной структуры. Это направление развивается благодаря доступности на рынке большинства комплектующих элементов. В настоящее время предлагаются все основные компоненты для создания СПК:

— прецизионные опоры;

— прецизионные тяги;

— привода прямого действия Direct Drive;

— высокоскоростные электрошпиндели.

Заключение

В судостроении неоднократно выполнялись работы по созданию мобильных металлорежущих станков на базе традиционной кинематики. Предлагаемые решения не нашли широкого применения по следующим причинам:

— значительные массогабаритные характеристики;

— ограниченные технологические возможности, связанные с традиционной кинематикой формообразования.

Станки параллельной структуры — новое инновационное направление в станкостроении имеющее хороший потенциал для решения задач точной размерной обработки при выполнении корпусных работ в судостроении.

Литература

1. Кузнецов Ю.Н., Дмитриев Д.А., Диневич Г.Е. Компоновка станков с механизмами параллельной структуры/ Под ред. Ю.Н. Кузнецова — Херсон: ПП Вишемирьский В.С., 2010. — 471 с.
2. Зенкевич С.Л., Юшенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. — 114 с.
3. Концепция 5-ти стоечной параллельной кинематики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.mashportal.ru, свободный